

バングラデシュ人民共和国

バングラデシュ人民共和国
軽量太陽光パネルを用いた貧困層の
生活水準向上事業準備調査
(BOP ビジネス連携促進)
報告書

平成 25 年 8 月
(2013 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

一般財団法人アライアンス・フォーラム財団
株式会社地球快適化インスティテュート

民連
JR
13-081

バングラデシュ人民共和国

バングラデシュ人民共和国
軽量太陽光パネルを用いた貧困層の
生活水準向上事業準備調査
(BOP ビジネス連携促進)
報告書

平成 25 年 8 月
(2013 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

一般財団法人アライアンス・フォーラム財団
株式会社地球快適化インスティテュート

目次

1. 本プロジェクトの概要	8
1-1. 本調査の目的	8
1-2. 調査概要	8
1-3. 調査結果サマリー	8
1-4. 軽量太陽光パネルについて	11
2. バングラデシュ概況	15
2-1. 政治の概況	15
2-2. 経済の概況	16
2-3. 外国投資に関する法制度	17
2-4. インフラの整備状況	18
2-5. 生活文化及び自然環境	19
3. バングラデシュの電力政策	22
3-1. バ国の太陽光パネルに関する政策・法制度	22
4. ニーズ調査	29
4-1. ニーズ調査サマリー	29
4-2. ニーズ調査手法	30
4-3. SHS	34
4-4. ソーラー灌漑ポンプ	41
4-5. ソーラーふ卵器	44
4-6. その他応用製品	46
5. パイロット調査	51
5-1. SHS	51
5-2. ソーラー灌漑ポンプ	55
5-3. ソーラーふ卵器	59
6. 事業性評価	61
6-1. 事業の展開可能性について	61
6-2. 想定される進出形態	61
6-3. 市場規模の推定	62
6-4. 収益性分析	65
6-5. ビジネスモデル	70
7. 開発効果	72
7-1. 開発効果サマリー	72
7-2. SHS	72
7-3. ソーラー灌漑ポンプ	74

7-4. ソーラーふ卵器	78
8. JICA との連携可能性に関する考察	83
8-1. 連携事業の必要性	83
8-2. 事業スキーム	83
8-3. 連携による効果の予測	84
引用文献	85

図 1-1: 三菱化学の有機薄膜太陽光パネルの製造プロセスイメージ	12
図 2-1: 一人あたり GDP 成長率の推移	17
図 2-2: インフレ率の推移	17
図 2-3: 対ドル為替レート推移	17
図 2-4: 対円為替レート推移	17
図 2-5: バ国の一人当たり GDP 推移	19
図 2-6: 1 日 2 ドル以下で生活する人口比率	19
図 2-7: 所得格差の各国比較 (ジニ係数)	20
図 3-1: 発電に使用するエネルギー源のシェア	22
図 3-2: 電力セクターの組織構造	23
図 3-3: 配電業者別電力販売量	24
図 3-4: 配電業者別消費者数	24
図 3-5: 今後の発電所建設プロジェクトの発電量と電力需要の予測	25
図 3-6: IDCOL の SHS プログラム	27
図 3-7: IDCOL の融資を活用した SHS の設置台数 (累積)	28
図 4-1: 軽量太陽光パネルの特性を活かした応用方法の考え方	31
図 4-2: 地域間の移動パターン	31
図 4-3: ショートリストへの絞り込みプロセス	32
図 4-4: PO 別シェア (累積パネル導入数)	36
図 4-5: PO 別の累積 SHS 設置数	36
図 4-6: 新規 SHS 設置数シェアの推移	37
図 4-7: 太陽光パネル製造国別シェア	38
図 4-8: SHS のサイズ別需要の伸び	40
図 4-9: バ国のヒ素汚染分布図	44
図 5-1: 既存パネル SHS と軽量太陽光パネル SHS のコストイメージ	53
図 5-2: ディーゼルポンプとソーラー灌漑ポンプのコストイメージ	57
図 6-1: SHS の市場規模と販売数量	63
図 6-2: ソーラー灌漑ポンプの市場規模と販売数量	64

図 6-3: 農村部における売上高の推定	65
図 6-4: 完成品輸入の場合の1ワットあたり費用内訳	67
図 6-5: 現地組立の場合の1ワットあたり費用内訳	68
図 6-6: 現地組立のフリーキャッシュフロー	69
図 7-1: マイクロファイナンスを使った共同購入スキーム	78
図 7-2: あひるの生産サイクルと収益分析	80
表 1-1: 太陽光パネルの種類と特徴	11
表 4-1: ロングリストの評価イメージ	33
表 4-2: 二次スクリーニング基準	33
表 4-3: 応用製品最終候補一覧	34
表 4-4: SHS 調査に関する訪問先リスト	35
表 4-5: 太陽光パネル価格帯	38
表 4-6: 主なバッテリー製造業者	39
表 4-7: PO の概要	40
表 4-8: バ国の水道設備状況	42
表 4-9: バ国の養禽市場	45
表 5-1: SHS パイロット調査による仮説検証サマリー	52
表 5-2: SHS 用パネル価格感応度検証のための前提条件	53
表 5-3: 軽量太陽光パネルワット単価感応度 (SHS)	54
表 5-4: SHS パイロット調査実施概要	55
表 5-5: ソーラー灌漑ポンプパイロット調査による仮説検証サマリー	56
表 5-6: ソーラー灌漑ポンプ用パネル価格感応度検証のための前提条件	57
表 5-7: 軽量太陽光パネルワット単価感応度 (ソーラー灌漑ポンプ)	58
表 5-8: ソーラー灌漑ポンプパイロット調査実施概要	59
表 5-9: ソーラーふ卵器パイロット調査による仮説検証サマリー	59
表 5-10: ソーラーふ卵器パイロット調査実施概要	60
表 6-1: 進出形態別の設備投資と実現可能性の比較	62
表 6-2: 応用製品ごとの市場規模の考え方	65
表 6-3: 比較のポイント	66
表 6-4: 現地組立のキャッシュフローサマリー	69
表 6-5: 太陽光パネルにかかる輸入関税率	69
表 7-1: ソーラー灌漑ポンプ導入後の収支予測	77
表 7-2: ソーラーふ卵器を導入した零細農家の収益シミュレーション	80

別添一覧

- 別添Ⅰ. ロングリスト
- 別添Ⅱ. パイロットサイト地図
- 別添Ⅲ. パイロット調査実施報告書
- 別添Ⅳ. その他応用製品にかかるニーズ調査詳細

略称/ 定義一覧

略称	英語名	日本語名/説明
%	Percent	パーセント
AFF	Alliance Forum Foundation	アライアンス・フォーラム財団
Ah	Ampere Hour	アンペア時
AIT	Advanced Income Tax	前払い所得税
ATV	Advance Trade VAT	前払い貿易付加価値税
BANPAP	Bangladesh Nuclear Power Action Plan	バングラデシュ国家原子力行動計画
BEPZA	Bangladesh Export Processing Zone Authority	バングラデシュ輸出加工区庁
BERC	Bangladesh Energy Regulatory Commission	バングラデシュ規制委員会
BNP	Bangladesh Nationalist Party	バングラデシュ民族主義党
BOI	Board of Investment	バングラデシュ投資庁
BOP	Base of the Pyramid	年間所得3000USD以下で暮らす貧困層
BPDB	Bangladesh Power Development Board	バングラデシュ電力開発庁
BRAC	Bangladesh Rural Advancement Committee	バングラデシュ農村向上委員会
°C	Celsius	摂氏温度
CD	Custom Duty	一般関税
CdTe	Cadmium Telluride	テルル化カドミウム
CIS系	Cu-In-Se	銅インジウムセレン系
CO ₂	Carbon Dioxide	二酸化炭素
CVD法	Chemical Vapor Deposition	化学蒸着法
DESCO	The Dhaka Electric Supply Company	ダッカ電力供給会社
DJ Agro	DJ Agro Limited	パイロット調査の現地パートナー会社名
DPDC	Dhaka Power Distribution Company Limited	ダッカ電力会社
DPHE	Department of Public Health Engineering	公衆衛生工學局
EMRD	Energy and Mineral Resources Division	エネルギー・鉱物資源局
EPZ	Export Processing Zone	輸出加工区
EXD	Extra Duty	その他特別税
F/S	Feasibility Study	実現可能性調査
FAO	Food and Agriculture Organization	国際連合食糧農業機関
FIT	Feed-in Tariff	固定価格買い取り制度
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GPS	Global Positioning System	グローバルポジショニングシステム
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	ドイツ技術協力公社
HFSKS	Hilful Fuzul Samaj Kallyan Sangstha	ヒルフルフズール(NGOの名称)
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
ID	Identification Document	身分証明書
IDCOL	Infrastructure Development Company Limited	バングラデシュのインフラ開発のための金融機関
IPP	Independent Power Producers	独立系発電事業者
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
kW	Kilo Watt	キロワット
m ²	Square Meter	平方メートル
MCC	Mitsubishi Chemical Corporation	三菱化学株式会社
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MF	Microfinance	マイクロファイナンス
mg/l	Milligram per Litter	ミリグラム毎リットル
MPEMR	Ministry of Power, Energy and Mineral Resources	エネルギー・鉱物資源省

MW	Mega Watt	メガワット
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NIPSOM	National Institute of Preventive and Social Medicine	予防社会医学研究所
nm	Nano Meter	ナノメートル(10 ⁹ メートル)
OB/OG	Old Boy/Old Girl	卒業生
PJ	Project	プロジェクト
PO	Partner Organization	パートナー組織
PRSP	Poverty Reduction Strategy Papers	貧困削減戦略ペーパー
RD	Regulatory Duty	調整税
REB	The Rural Electrification Board	農村電化庁
RNPP	Rooppur Nuclear Power Plant	ルプール原子力発電所
RSF	Rural Services Foundation	ルーラルサービス財団
SAFTA	South Asia Free Trade Area	南アジア自由貿易地域
SD	Supplementary Duty	補足税
SEZ	Special Economic Zone	特別経済区
SHS	Solar Home System	家庭用太陽光発電システム
SSS	Shidhulai Swanirvar Sangstha	船上教育を実施しているNGOの名称
STW	Shallow Tube Well	浅井戸
Tk	Taka	タカ(バ国の通貨単位)
TKI	The Kaiteki Institute	株式会社地球快適化インスティテュート
TMSS	-	パイロット調査現地のパートナーNGO名
UNHCR	Office of the United Nations High Commissioner for Refugees	国連難民高等弁務官事務所
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
VAT	Value Added Tax	付加価値税
W	Watt	ワット
Wp	Watt Peak	ワットピーク
WZPDCL	The West Zone Power Distribution Company	西地区電力会社
µm	Micro Meter	マイクロメートル(10 ⁶ メートル)
バ国	-	バングラデシュ共和国

なお、本レポート内で時点記載のない為替レートについては、特段の定めのない限り以下のレートを適用している（2013年6月末時点）。

1 ドル=100 円

1 タカ=1.24 円

1. 本プロジェクトの概要

1-1. 本調査の目的

本調査は、三菱化学株式会社（以下、三菱化学）が開発中の、次世代の有機薄膜太陽光パネルを利用した、バングラデシュ共和国（以下、バ国）における太陽光パネルの利用促進、貧困層の生活水準向上を目的とした **BOP** ビジネスのフィージビリティ・スタディである。次世代の有機薄膜太陽光パネルは現在開発中の製品であるため、本調査では後述するアモルファスシリコン型の薄膜・軽量・フレキシブルな太陽光パネル（以下、軽量太陽光パネル）を使用して調査を実施した。将来的に太陽光パネル工場を現地に設立することを想定し、原材料調達、生産、販売、輸送、設置、及びメンテナンス等それぞれのバリューチェーンにおいて **BOP** 層を組み込むことによる裨益を見込む。同時に、三菱化学にとってサステイナブルなビジネスとなるよう、軽量太陽光パネルの付加価値源泉を検証し適正な価格設定についても調査を行う。

1-2. 調査概要

調査の流れは大きく、ニーズ調査、パイロット調査、事業性評価、および開発効果検証の4段階に分かれる。

まず、ニーズ調査においては、提案時に想定された家庭用太陽光発電システム（以下、**SHS**）を含めた軽量太陽光パネルの用途を広範囲に調査し、ロングリストを作成した。そのうえで、コスト面での実現可能性、市場規模、開発効果、パイロット調査実施可能性の切り口から評点をつけ、ショートリストを作成しパイロット調査対象候補を絞り込んだ。

その結果、**SHS**、ソーラー灌漑ポンプ、ならびにソーラーふ卵器についてパイロット調査を実施した。実施にあたってはそれぞれ、軽量太陽光パネルの現地環境への適合性、事業性に関する付加価値源泉の確認と価格感応度の検証、及び貧困層への裨益効果という観点から行った。

最後に、パイロット調査の結果を受け、実際に現地に工場を設立すると仮定した場合の事業性評価を行った。並行して、軽量太陽光パネルを適用することで得られる、利用者への裨益効果からバ国全体の社会課題解決への貢献という観点から開発効果の検証を行った。

1-3. 調査結果サマリー

本調査の目的である、バ国における軽量太陽光パネルへの需要把握と、農村部生活者の生活水準向上余地の測定については、それぞれニーズ調査ならびにパイロット調査を通じて達成した。

さらに、本調査は新しい技術を使った将来の製品の市場性についての調査のため、厳密な事業性評価には至らなかったが、将来事業化を検討するにあたって、何が課題となり、現状どういった対応策・展望が考えられるかについても可能な範囲で検討を試みた。

1) ニーズ調査結果について

まず、ニーズ調査の結果、農村部の（系統電力による）電化は今後も時間を要することから、オフグリッドの電力に対する需要は高いことが想定される。しかしながら調査の結果、軽量太陽光パネルに対する需要については、現時点ではその特性を活かした用途は限定的である。その理由として、太陽光パネルの利用にあたってはバッテリーがセットになることが多く、携帯性が活かしきれないことなどが挙げられた。その中でも今回の調査では、SHS、ソーラー灌漑ポンプ、ソーラーふ卵器については薄膜・軽量・フレキシブルという特性（取り外しが容易、他の用途にも利用可能等）を活かした需要が高いことがわかり、パイロット調査を実施した。さらに、パイロットには至らなかったが潜在的な需要が見込まれるものもいくつか見られた。

ただし、軽量太陽光パネルが現地で受け入れられるためには、人々の生活に直結した必需品であることが重要な点になる。そうでないと「あれば便利」の領域を出ないか、正確なニーズが把握出来ない。また、当初想定していた「薄膜軽量」という特徴を活かした「移動中に利用」については、現地では携帯する電化製品が少ないことから、それほどニーズがないことも判明した。

こうした結果を受け、可搬性を活かすためには、バッテリーが不要であるか、従来型のパネルでは設置できない用途である必要があることが分かった。

2) 事業性評価について

(a) 調査結果

本調査は新しい技術を使った市場投入前の市場性調査であったため、現時点で厳密な事業性評価は出来ないが、ニーズ調査から得られた市場規模と、パイロット調査から得られた価格データを所与と仮定して有機薄膜太陽光パネルの売上高を試算し収益性分析を行った。進出形態としては、完成品輸入と現地組立工場設立の2パターンを検証した。パネル本体の現地生産については、高度な生産管理技術と多額の設備投資が必要となるため、現時点でバ国にて生産を行うことは現実的でないため選択肢には含めなかった。

結果、完成品輸入の場合は現地組立と比べて関税が高く事業として成り立たない一方、現地組立であればある程度の事業利益を見込める可能性があることが判明した。そこで、現地組立を前提に収益性分析を行った（土地、水光熱費、人件費は現地の生産調査で得た結果を使用）。試算の結果、ある程度の事業性が確保できる数値は得られた。しかしながら、今回使用した工場出荷時の原価はあくまで概算値であり、前提条件に含まれていない費用もあることを併せて考えれば、現時点では、現地に組立工場を建設することによる採算性は低いと言わざるを得ない。そのため、実際に利益が確保できるかどうかは今後順調に開発が進み、量産体制が実現できるか否かに依存する。

(b) 事業化に際しての課題と今後の展望

本調査にてバ国農村部の実情については把握することができた。その上で、今後本格的な

事業性評価を行う場合に課題となりうるのは、価格ならびに都市部の需要の2点である。

(1) 価格

バ国の現在の太陽光パネル市場は、中国製とそれに続くインド製の安価なパネルによる寡占状態である。このため、バ国で事業性を確保するためには、有機薄膜太陽光パネルの大量生産により製造単価を大幅に引き下げることが最も重要な前提条件となる。現在バ国で販売されている太陽光パネルの市場価格は、ワットあたり約1ドルであるが、今後さらに低下する可能性も否定できないことから、競合他社の価格戦略ならびに三菱化学の量産化に向けた開発スピードがバ国市場における優位性を左右する。

一方で、現地で太陽光パネルを取扱っている業者からは、中国製のパネルは品質の見極めが非常に難しく、表示上の規格出力を大きく下回るなど、商品の信頼性に難があるものが非常に多いとの声も聞かれている。

こういった現場の声をとらえ、有機薄膜太陽光パネルは、高い日本の技術力を用い、出力の安定性など品質面（製品能力）での担保を添えて競争力を強化（差別化）することが有効であると確信した。さらに、薄型でフレキシブルという特性を生かし、従来型太陽光パネルでは実現できない設置方法を見出すことにより、商品能力向上をもって中国製品との価格問題に対峙することができる。

(2) 都市部の需要

バ国では人口の約4分の3が農村部に居住している。典型的なBOP層の多くが農業を主要な収入源としている。そのため、BOP層への裨益に主眼に置いた本調査においてはまず農村部におけるニーズ調査にフォーカスした。一般的には、先端技術の普及は都市部で始まる。農村部の潜在的な市場は非常に大きい反面、先端技術がもたらす高付加価値製品の普及においては、新技術の受容性や購買力が低い事から、都心部での普及に時間的遅れが生じる傾向が有る。その点においてバ国も例外ではないことが確認された。そのため、今回の調査対象の範囲外であるが、事業化を検討する判断材料としては、都市部の需要把握が不可欠であり、農村部と同様にニーズ調査からパイロット調査まで一連の調査を行う必要がある。実際の事業化においては、まずフェーズ1として高付加価値製品を受け入れる土壌の整った都市部にて販売を開始し、製品が普及し、価格が一定水準まで下落した段階で、フェーズ2として農村部に展開するのが実際的と考える。

3) 開発効果について

本調査を通じ、オフグリッドの電化を日本の新しい技術が推進することで、バ国農村部の生活者の生活の質の向上をもたらすことが確認できた。例えば、労働時間の延長や所得源の多様化による所得の向上などである。

このことから、日本の新しい技術が、バ国全体の所得水準の向上、教育水準の向上、生活の質の向上、農業・農村開発と農業生産性の向上にも寄与することが期待される。

1-4. 軽量太陽光パネルについて

1) 既存製品の種類と特徴

本論へ入る前に、太陽光パネルについての基礎的な知識を整理する。

太陽光パネルはその素材によってシリコン系、化合物系、有機系と大きく 3 種類に分けられる（表 1-1: 太陽光パネルの種類と特徴）。種類ごとに価格や変換効率は異なるが、家庭用及びメガソーラー用の太陽光パネルを比較するうえで最も重要な要素は発電コストである。

発電コストは、1 ワットあたりの製造コストを意味し、製品の価格競争力を示す指標として使われる。パネルの性能を示す指標には、「耐久性・寿命」「フレキシビリティ（設計の自由度）」等あるものの、発電コストを下げるために重要なのは変換効率（面積あたりの発電量）と生産効率（モジュールあたりの製造コスト）である。

表 1-1: 太陽光パネルの種類と特徴

分類	特徴	変換効率	製造コスト	量産可能性	課題	
シリコン系	単結晶	・常温での高い変換効率	15~18% ◎	△	○	・製造コストの高さ ・高温時の発電効率低下
	多結晶	・コストと変換効率のバランスの良さ	14~16% ○	○	○	・高温時の発電効率低下
	アモルファス(薄膜)	・軽量・フレキシブル ・高温時にも発電効率を維持	6~9% ×	△	△	・変換効率の低さ
化合物系	CdTe系	・低い製造コスト	11~15% △	◎	○	・資源(Te)の制約
	CIS系	・大型化が可能	12~16% ○	△	◎	・製造コストの高さ
有機系	色素増感	・低い製造コスト	12% △	○	○	・寿命が短い
	有機半導体(薄膜)	・軽量・フレキシブル ・量産が可能 ・高温時にも発電効率を維持	7~10% △	◎	◎	・量産開始時期が未確定

出所：日経エレクトロニクスより JICA 調査団作成

※変換効率:モジュール最大変換効率、光劣化:気温上昇時の性能低下

※製造コストには原材料費を含む

2) 軽量太陽光パネルの製品と技術

(a) アモルファスシリコン型太陽光パネルの製品仕様

従来の結晶シリコン型の太陽光パネルの発電部分であるシリコンの厚みは 200~300 μm であり、さらにガラスで両面が覆われるのに対し、アモルファスシリコン型太陽光パネルの発電部分は 10 μm 程度であり、ラミネート加工が可能である。これらの特徴を生かして、軽量かつフレキシブルなタイプの太陽光パネルが開発されている。さらに、アモルファスシリコン型太陽光パネルは他の薄型のものに比べても製造プロセスが単純で、原料も豊富にあることから現在市場に多く出回っている。

(b) 有機薄膜太陽光パネルの製品仕様

有機薄膜太陽光パネルは、発電部分にシリコンではなく有機物を使うものである。有機物の中にも半導体の性質を持つものがあり、三菱化学が取り組んでいるベンゾポルフィリンという低分子有機物の吸収波長域は 300~720nm でアモルファスシリコンのものに近い。また、有機物は一般的に日光で劣化するものだが、ベンゾポルフィリンは顔料として新幹線

の塗装に使われた実績のある耐久性の高い丈夫な分子である。三菱化学はセルベースで11.0%の変換効率を達成しており、2015年の上市を目標にしている。

有機薄膜太陽光パネルはまだ大々的に市場に出回っていない。しかし各社、今後数年以内に上市する予定を立てている。開発に取り組んでいるのは上述の三菱化学の他に、住友化学、大日本印刷、米 Konarka Technologies とトッパン・フォームズ、独 Heliatek 等である。

(c) 有機薄膜太陽光パネルの製造技術

有機物は有機溶媒に可溶なので、発電部分を常圧下・塗布法で製造することが可能になる。アモルファスシリコン型ではこの部分を真空下、CVD法で行っている。CVD法とは Chemical Vapor Deposition 法のことである。シラン化合物などの原料を蒸気にして製造する手法であり、化学蒸着法とも呼ばれる。さらにシラン化合物にプラズマを照射してシリコンに変えている。この高真空及びプラズマ発生のための消費電力が大きく、エネルギー負荷の大きなプロセスとなっている。有機薄膜太陽光パネルの場合、常圧下で製造出来るようになり、またプラズマ発生も必要ない。それだけでも製造コストが低減されるが、仮に電極の形成も塗布法でできればすべて非真空下で製造することができる。まさにロールツーロールのプロセスとなり製造コストが格段に低減されると期待されている。

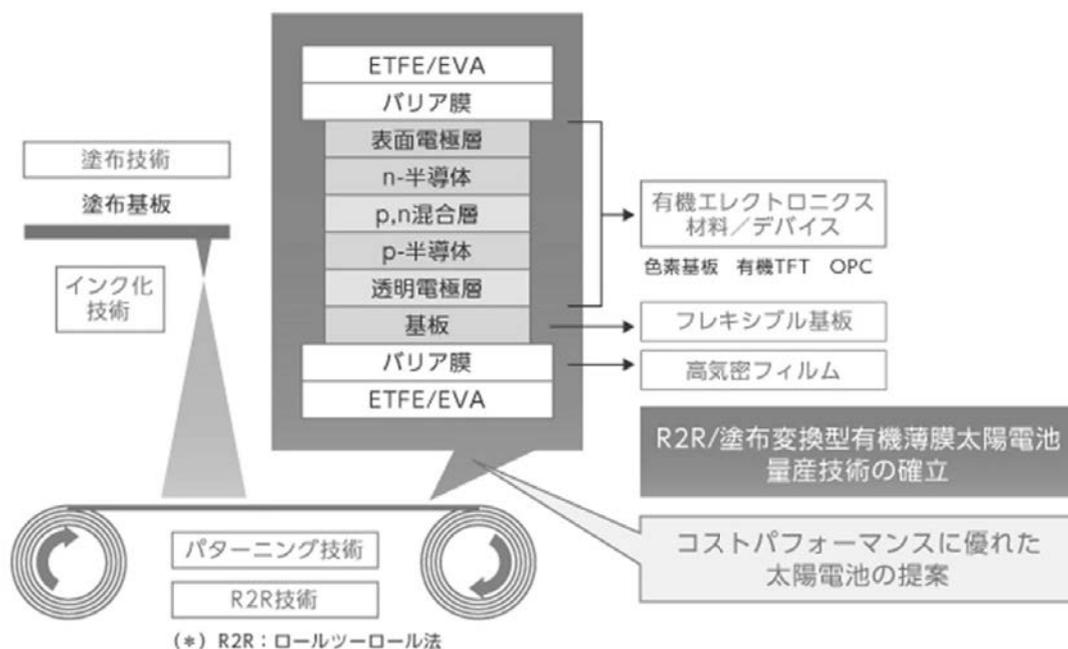


図 1-1: 三菱化学の有機薄膜太陽光パネルの製造プロセスイメージ

出所: 三菱ケミカルホールディングス HP

3) アモルファスシリコン型及び有機薄膜太陽光パネルの特徴

(a) 強み

薄膜・軽量・フレキシブルである利点を活かして結晶シリコン型では適用できない箇所に

設置できる。例えばビルの壁面、自動車の屋根、カーテン、脆弱な家屋の屋根、テント、柱や木など平面でない箇所等である。また、ポータブルタイプにすることも可能である。街中あるいは無電化農村地帯における携帯電話、パソコンのバッテリーへの充電に利用できる可能性がある。また、上述のように短波長の光を吸収しやすいので蛍光灯の光でもある程度発電できる。同じ理由、即ちエネルギー吸収帯が短波長寄りなので結晶型と比べ夏場でも発電効率が落ちにくい。標準条件（日本では日射強度 1.0kW/m²、太陽光パネル温度 25°C の条件）下では同じ発電量であっても、年間発電量はアモルファスシリコン型・有機薄膜の方が大きくなる。また、発電層の厚みが 1 μm 程度なので透明性がある。この特徴を利用して別のソーラーパネルと組み合わせて、タンデムタイプとして使うこともできる。

(b) 弱み

発電効率が結晶シリコン型ほど高くない点である。多結晶シリコン型と同じ発電量を得るには 2 倍近くの面積が必要となる。またアモルファスシリコン型は価格が高い事が挙げられる。有機薄膜の開発が成功すれば、価格に関する弱みは解消される可能性がある。

4) 期待される用途

三菱化学が開発するアモルファスシリコン型太陽光パネル（軽量太陽光パネル）及び有機薄膜太陽光パネルは、軽量で柔軟性があり、光透過性が高く着色も可能など従来の太陽光パネルにはない特性を有していることから、将来的に SHS 以外の様々な用途に活用することが想定される。主な用途としては以下のものが提案されている。

(a) 産業用建物の屋根への設置

軽量であることから、ショッピングモールや工場等のスレート葺きや折板屋根の上から鋼板一体型の有機薄膜太陽光パネルを設置できる。また、屋根材と一体型の製品も開発されており、建物を新築するときや改装の際に施工し、建物内に電力を供給することができる。

(b) 携帯型パネル

郊外や農村等を移動する際に、丸めて持ち運べるアモルファスパネル。これを携帯することにより、移動先でも携帯電話や GPS、カメラを充電することができる。



工場の屋根に設置したパネル



携帯型パネルを使い充電している様子

(c) カーポート

光透過性と柔軟性を生かし、アモルファスパネルを従来のカーポートの屋根材として使用することで、様々な形のカーポートに適合し、かつ照明や充電に使用することができる。

(d) ロールカーテン及びブラインド

現在開発段階ではあるが、部屋の中でロールカーテンやブラインドとして太陽光を遮蔽し、同時に発電することができる。



カーポートの屋根に設置したパネル



ロールカーテン型パネルのイメージ

(e) 外壁への設置

薄く軽量な特性を生かし、専用の外壁材と併用することにより建物の外壁に取り付けることができる。また、柔軟であることからカーブのある壁面にも設置することができる。



柔軟性を活かした壁面への設置

2. バングラデシュ概況

2-1. 政治の概況

1) 現体制

バ国は共和制国家であり、議院内閣制を採用している。議会は一院制、345 議席で任期は 5 年である。5 年ごとに総選挙を実施し、その度に政権が交代する。最後に選挙が行われたのは 2009 年。国家の最高指導者は首相であり、大統領は象徴的な存在であり政治的な実権を有しない。〔外務省，平成 24〕

主要政党はアワミ連盟とバングラデシュ民族主義党（Bangladesh Nationalist Party（以下、BNP））である。現政権はハシナ首相が率いるアワミ連盟政権で、2009 年 1 月に誕生した。同政権は、独立 50 周年にあたる 2021 年までに中所得国になることを目標とする「ビジョン 2021」政策をかかげ、全国 IT 化を目指す「デジタル・バングラデシュ」、イスラム教を主たる宗教としつつも他宗教に寛容な世俗主義などを標榜し、各種社会・経済開発に取り組んでいる。〔ジェトロ，2012〕

2) 歴史

バ国は、1947 年の印パ分離独立時に東パキスタンに帰属し、その後第三次印パ戦争を経て、1971 年 12 月にパキスタンから独立。独立後は長年に亘り軍事政権（1975-1990）が続いたが、1990 年 12 月、大統領（退役陸軍中將）が 2 大政党及び国民の退陣要求に応じた結果、平和裡に民主化に移行。1991 年の憲法改正で議院内閣制へと体制を変更した。2006 年 10 月、BNP 政権は任期満了で退陣し、憲法の規定により、約 3 ヶ月間を目処に選挙管理内閣が発足したが、同内閣の人事などを巡り政党間対立が激化し国内情勢が悪化したため、2007 年 1 月に非常事態宣言が発表され、総選挙も延期された。その後、新たに組閣された選挙管理内閣の下、約 2 年間にわたり選挙人名簿及び選挙人 ID の作成、汚職対策など次期総選挙の実施準備が行われた。2008 年 12 月、自由、公正かつ平和的に総選挙が実施され、前野党のアワミ連盟が大勝して国会総議席の 3 分の 2 以上を獲得し、翌 2009 年 1 月 6 日にハシナ首相の下に新政権が発足した。〔外務省，平成 24〕

3) 開発政策

2008 年 10 月にバングラデシュ暫定政府が策定した貧困削減戦略ペーパー II（以下、PRSP）は、「前進：更なる貧困削減のための国家戦略（Moving Ahead：National Strategy for Accelerated Poverty Reduction）」と題し、MDGs 達成を目標としつつ、5 つの戦略分野（①マクロ経済の安定、②貧困削減をもたらす経済成長（Pro-Poor Growth）、③必須インフラの構築、④社会保障、⑤人間開発）を中心に、5 つの補助戦略（①社会参加、②ガバナンス、③効果的なサービス分配、④気候変動への取組、⑤技術（ICT 含む）による生産性向上）を合わせた合計 10 の戦略分野を掲げている。2005 年 10 月に策定された前貧困削減ペーパーと比較すると、より貧困層に配慮した内容であり、気候変動や食料安全保障などの新たな課題への対応も

盛り込まれている。なお、PRSP は政府の開発戦略の基本文書であることから、年次開発計画の予算配分においても PRSP に沿った配分が行われている。また、新政権は 2010 年 2 月に PRSP-II の改定版を発表しているが基本路線に大きな変更はない。〔外務省、2012〕

4) 政権の安定性

2013 年 7 月現在、次期総選挙を年内に控え、憲法改正により選挙管理内閣制度を撤廃したアワミ連盟政権と、政党政権下での選挙を拒絶する野党側との間で対立が続いている。さらに、アワミ政権公約の目玉である独立戦争戦犯（1971 年の独立戦争時、パキスタン軍によるベンガル人の虐殺行為等に協力したとされ、現在ジャマティ・イスラミの主要幹部となっている元「ラザカル」等のメンバー）に対する裁判を巡り、主要幹部らが被告となっているジャマティ・イスラミが全国で激しい抗議運動を展開。これに最大与党 BNP が 18 党連合として連携し、「ホルタル」と呼ばれる全国規模のストライキを多用しており、総選挙が終了するまでは同様の状況が続くとみられている。〔外務省、平成 24〕

2-2. 経済の概況

1) 経済成長

2012 年度（2011 年 7 月～2012 年 6 月）のバ国経済は、欧州経済危機等の影響を受けながらも、一人当たり GDP は 2011 年度の 732 ドルから安定的に伸長して 747 ドルに達し、6.3% の経済成長率を達成した。この背景には、縫製品の海外輸出が引き続き好調なこと、海外労働者送金が安定的に伸長していること、比較的バランスの取れた産業構造、農業セクターの安定した成長等が挙げられる。このような安定した高い経済成長を背景に、2005 年にゴールドマン・サックス社はバ国を BRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）につぐ「ネクスト 11」の新興経済国の一つに位置づけた。しかし、バ国経済は、縫製品輸出や海外の居住者や労働者からの送金に依存するところが大きく構造的に脆弱であるため、輸出産業ならびに輸出先の多角化や、道路・港湾・電力等の基礎的にインフラ整備が依然として課題となっている。〔World Bank, 2012〕〔外務省、平成 24〕

2013 年 4 月 24 日に首都ダッカ郊外サバール地区で起きたビルの倒壊は、死者 1,100 名以上を出す大惨事となった。ビルには縫製工場が入居しており、多数の縫製業の労働者が犠牲となったことから、ビルの安全性・耐震性の見直しだけでなく、労働環境の見直しにまで議論が発展している。縫製品の輸入国である欧米諸国では、調達側の倫理が議論され、影響は企業活動にまで及んでいることから、今後の行方には注視が必要である。〔ジェトロ、2012〕

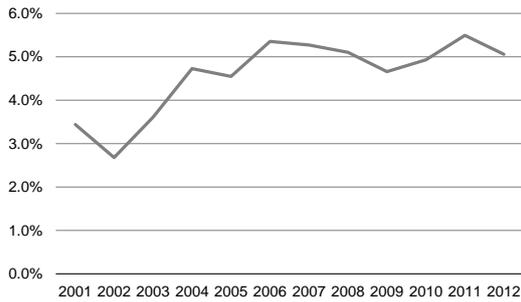


図 2-1: 一人あたり GDP 成長率の推移

出所: Data Bank, World Bank ※現地通貨建て

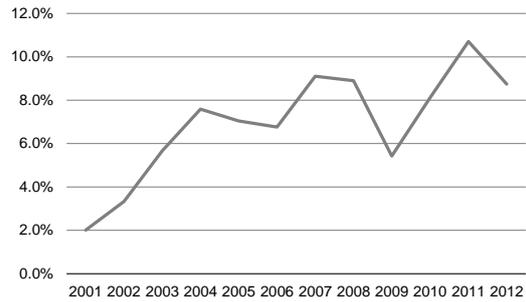


図 2-2: インフレ率の推移

出所: Data Bank, World Bank ※現地通貨建て

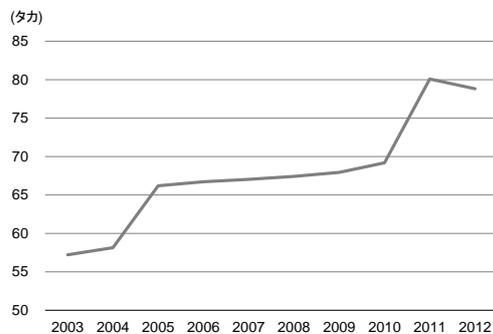


図 2-3: 対ドル為替レート推移

出所: Yahoo! Finance

※期末値をプロット

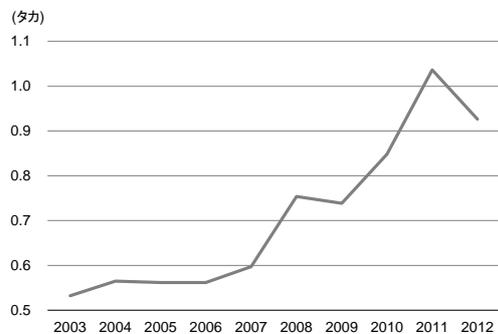


図 2-4: 対円為替レート推移

出所: Oanda.com

※期末値をプロット

2) 産業構成

2011 年度の GDP の産業構成比は農林水産業 (19.9%)、鉱工業 (30.4%)、サービス業 (49.7%) である。成長の原動力は縫製製品の輸出と国内サービス産業。縫製製品については欧米企業が中国から生産拠点をシフトしている。また、約 700 万人の海外就労者からの本国送金は約 116.5 億ドルで過去最高 [ジェトロ, 2012]。

2-3. 外国投資に関する法制度

1) 外国投資に関する規制

投資促進機関は Bangladesh Investment Authority (BOI) (輸出加工区を含む全域) 及び Bangladesh Export Processing Zone Authority (BEPZA) (国内 8 ヶ所に設立された輸出加工区 (Export Processing Zone (以下、EPZ)) への投資)。出資比率については、原則、外資の 100% 出資が可能。ただし、海運・物流業については出資金額、出資比率についての規制がある。外国資本の合弁は民

間部門、公共部門とも可能。外国企業による土地所有も可能。外国企業でも会社登記すれば土地を所有することができる。EPZ の場合は購入できないが、長期（30 年間）使用権を獲得できる。資本金に関しては、原則、金融業以外の業種であれば最低払込資本金の規制はない。また、国産化率や現地調達義務、輸出義務などに関する規制はない。

2) 外国投資の優遇制度

奨励業種は輸出志向産業、ハイテク産業、国産天然資源を活用する産業、国産原料に依存する産業など。各種優遇措置があり、1. 法人税免除、2. 輸出加工区内外を問わず全地域に適用される税制上および金融上の主な優遇措置、3. 輸出加工区外における主な優遇措置、4. 輸出加工区内に進出する場合の主な優遇措置などである。EPZ が 1980 年 12 月の輸出加工区法（The Export Processing Zone Act）により規定されている。現在、バングラデシュには 8 箇所の EPZ があるが、首都ダッカおよび第 2 の都市チッタゴン周辺の EPZ 4 件はすでに手狭となり、十分な空きがあるのはウットラ、イシュワルディ、モングラの 3 カ所のみ。民間運営の工業区としては、96 年 9 月に民間企業による輸出加工区設立を可能とする「民間輸出加工区法 1996」が成立し、韓国企業がチッタゴン地域に Korean EPZ を建設して企業誘致を進めている。なお、バングラデシュ政府はこれ以上の EPZ を新設しないことを決定した代わりに、2021 年までに約 30 カ所の特別経済区（Special Economic Zone（以下、SEZ））を設立することを発表（2012 年 2 月）。具体的な計画は未定だが、電力・工業用水の確保や法人税の優遇措置、土地収用での政府支援等を検討している。バ国政府は太陽光発電を含めたハイテク産業の進出を奨励している。なお、後述する今回のパイロット調査実施サイトであるタンガイル、シュナムゴンジ、ナラヤンゴンジ、及びボグラは EPZ には指定されていない。2013 年 7 月現在、候補地の選定中で詳細は未定である。

3) 税制

法人税は株式上場企業：27.5%、株式非上場企業：37.5%。また、二国間租税条約があり、利子への課税、2. 配当への源泉税率、3. 使用料（著作権、特許権、情報への対価など）に対する課税、4. 給料・報酬への課税に適用される。その他税制として、所得税、付加価値税（VAT）がある。所得税は年収により 5 段階に分かれている。37 万 5,000 タカ以上の所得には 25% が課税される。付加価値税（VAT）は 15%。

4) 現地進出企業の課題

ジェトロが 2011 年度に実施した日系企業活動実態調査によれば、調査を実施した 23 社が経営上の問題点として上位に挙げた項目は、①原材料・部品の現地調達、②電力不足・停電、③従業員の賃金上昇、④従業員の質、⑤現地人材の能力・意識であった。

2-4. インフラの整備状況

1) 電力の普及状況

発電量は増加傾向にあるが、経済成長に伴い電力需要の増加も著しい。そのため、2011 年の供給可能設備容量 5,800MW に対して需要量は 6,700MW であり、約 8 割の供給能力に留

まっている。電力価格は国内で採掘される天然ガスにより他国と比較して安い、天然ガスの枯渇も心配されており電力普及は進んでいない。世帯電化率は全国平均で41%（最新国連データベース:2009年）だが、電力開発は都市部向けを優先しており、都市部と農村部ではそれぞれ76%、28%と大きな格差がある（2008年時点）。さらに、近年では電力不足に伴い新規配電網の拡張停止措置をとっており、すでに電化されている地域においても新規契約は認められておらず、電化世帯数は横ばいである。

ダッカ市内における電力事情は改善されつつあるが、昼夜を問わず1時間程度の停電が頻繁に起きる。特に、暑さの厳しい日や雨季は、数時間ほどの計画停電がほぼ毎日ある。

2-5. 生活文化及び自然環境

1) 人口動態

2013年3月時点の人口は約1億5,250万人であり、年平均人口増加率は1.37%。2010年度の労働人口は5,370万人であり、産業別の労働人口は農業48.1%、サービス業37.4%、鉱工業14.6% [外務省, 2013]。

2) 生活水準

2012年度（暫定値）の一人当たりGDPは747ドル。1日2ドル以下で生活する人口比率は77%で近隣諸国と比べて高い。一方で所得配分の偏りは少ないことから、国民の生活は等しく貧しいと言える [World Bank, 2013]。

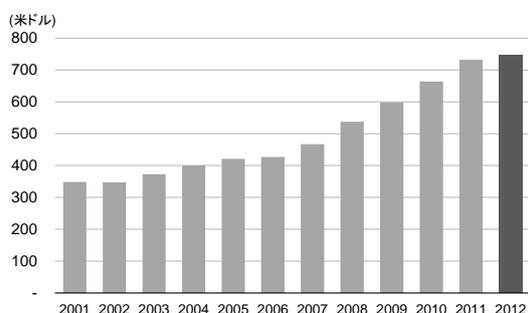


図 2-5: バ国の一人当たり GDP 推移

出所: Data Bank, World Bank

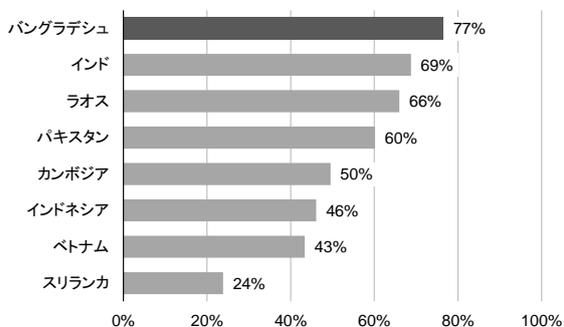


図 2-6: 1日2ドル以下で生活する人口比率

出所: World Development Indicators 2013, World Bank

※データは2010年時点。但し、パキスタンは2009年時点。インド、カンボジア、インドネシアは2008年時点

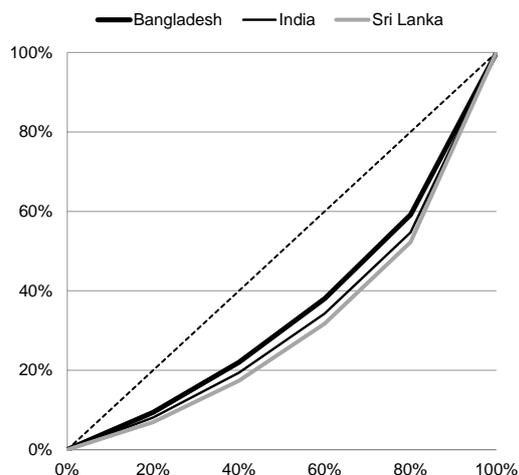


図 2-7: 所得格差の各国比較 (ジニ係数)

出所: Data Bank, World Bank ※バングラデシュ、インドは 2005 年、スリランカは 2007 年実績

3) 宗教・生活習慣

(a) 人種と宗教

人口の大部分をベンガル人が占める。ミャンマーとの国境沿いのチッタゴン丘陵地帯には、チャクマ族等を中心とした仏教徒系少数民族が居住。宗教の構成はイスラム教徒 89.7%、ヒンズー教徒 9.2%、仏教徒 0.7%、キリスト教徒 0.3 である。

(b) 地方行政区分

最上位の行政単位は 7 つの管区 (District) で、それぞれ中心となる都市の名がつけられている。しかし、管区には実質的な機能はなく、その下にある県 (Zila) が地方行政の主位的単位となる。県の下には郡 (Upazila) が置かれ、その下にいくつかの村落をまとめた行政村 (Union) がある。

(c) ビジネス

官庁、銀行及び会社の営業日は日曜日から木曜日で、金曜日、土曜日は休みである。商店では金曜日が休みだが、ダッカ市内の大型商業施設や店舗 (薬局を除く) の休業日は政府によって区分され、エリア別に休業日が定められている [外務省, 2012]。

4) 自然環境

(a) 地理

国土の大部分は湿地とジャングルの多い低地である。ヒマラヤ山脈を水源とするガンジス川 (パドマ川)、ブラマプトラ川 (ジャムナ川)、メグナ川およびその支流がデルタ地帯をつくっており、人口密度が高い。国内の丘陵地は南東部のチッタゴン管区の丘陵地帯と北東部のシレット管区に限られる。

(b) 気候

典型的な熱帯モンスーン気候で、高温多湿であり、季節の変わり目にはサイクロン、高潮、竜巻が発生する。季節は夏季（4～5月）、雨季（6～10月）、冬季（11～1月）、春季（2～3月）の4つに分けられる。雨季（6～10月）と乾季（11月～5月）の差が大きく、年間降水量の80%が雨季に集中する。乾期は比較的涼しく、ダッカ市内でも朝夕には摂氏10度以下になる。

（c） 資源

天然資源は、極めて限られている。天然ガスは自給しているが、制限がある。

（d） 災害

毎年、中小規模の洪水やサイクロンが発生する。洪水は雨季の6～10月に発生し、多量の降雨と国外からの水の流入によって、大規模な災害になることもある。特に被害を受ける地域は、シレット、モウルビバザールといった北東部の地域である。サイクロンの発生時期は3～5月、10～11月で、特に被害が大きいのは南部海岸の地域である。2009年にはサイクロン・アイラがバングラデシュ南部を襲い、390万人が被災している。その他の自然災害として、3～4月ごろ、ひょうが降ることがある。大きなものはこぶし大ほどもあり、農作物などに被害を与える。地震はほとんどない [JICA, 2010]。

3. バングラデシュの電力政策

3-1. バ国の太陽光パネルに関する政策・法制度

1) 電力政策全般

バ国政府は 2000 年に発表した **Vision and Policy Statement** において、2020 年までに全国民に電力サービスを提供することを掲げている。近年、発電量自体は増加傾向にあるが、需給状況は改善されておらず、電力サービスの普及は進んでいない。発電のエネルギー源は天然ガスが 67%と最も多く、続いてファーンズオイル 22%、ディーゼル 6%、水力 3%、石炭 2%と続く [Bangladesh Power Development Board, 2012]。なお、2009 年に世界銀行が発表したデータによれば、電力セクター全体に占める再生可能エネルギーの割合は 1%に満たない（水力発電を除く） [世界銀行, 2011]。

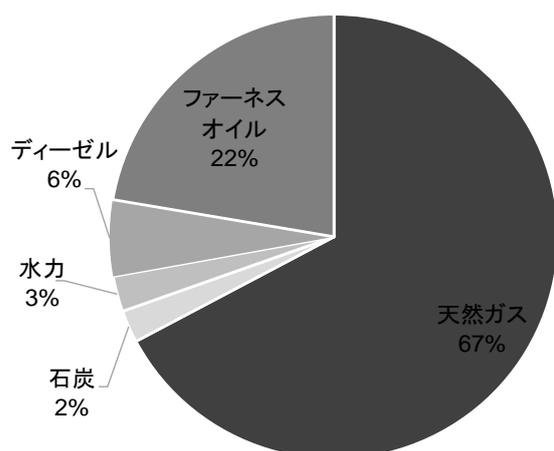


図 3-1: 発電に使用するエネルギー源のシェア

出所: Bangladesh Power Development Board, 2012

*データは 2012 年 12 月時点

エネルギーセクター全体を管轄するのは電力・エネルギー・鉱物資源省 (Ministry of Power, Energy and Mineral Resources (以下、MPEMR)) である。同省はさらに電力局 (Power Division) とエネルギー・鉱物資源局 (Energy and Mineral Resources Division (以下、EMRD)) に分かれており、電力局が電力セクターを管轄している。電力セクターは大きく発電、送電、配電の 3 つの層に分かれており、電力局の管轄の下で運営されている (図 3-2: 電力セクターの組織構造)。

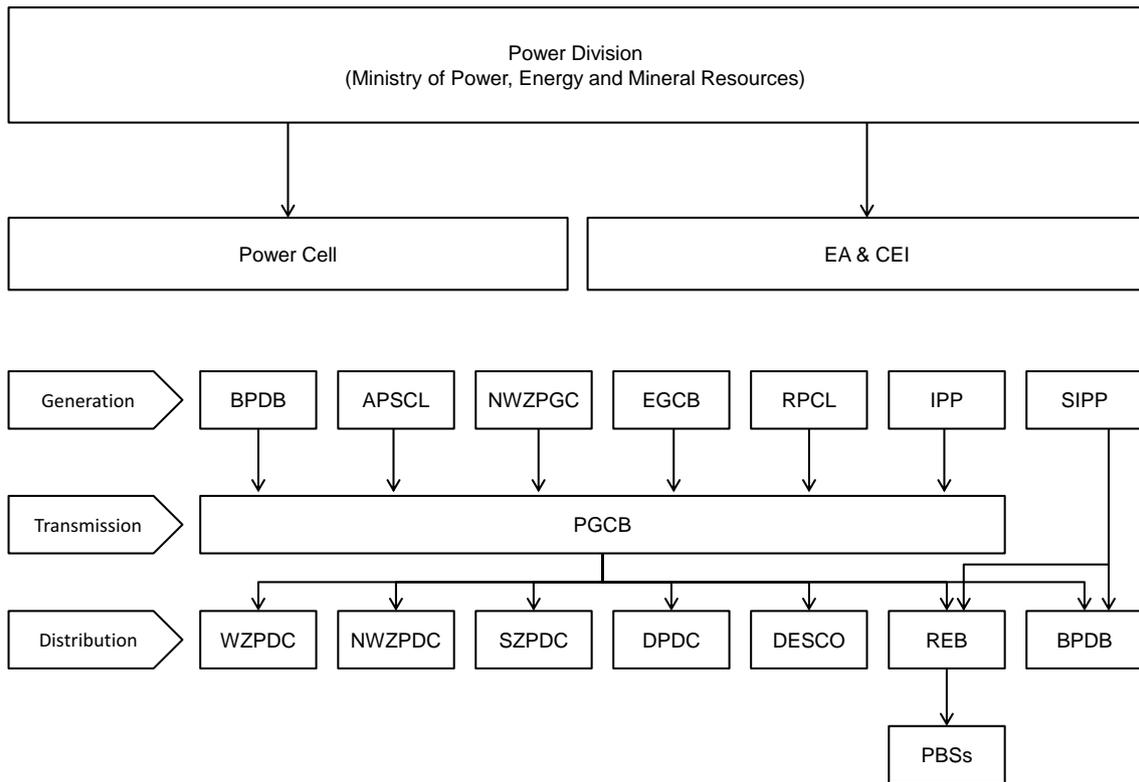


図 3-2: 電力セクターの組織構造

出所: Power Division, MPEMR のウェブサイト (<http://www.powerdivision.gov.bd/user/brec/39/53>)

2012年3月23日アクセス

バ国では、1971年の独立以降、バングラデシュ電力開発庁（Bangladesh Power Development Board（以下、BPDB））が唯一の政府機関として発電、送電、配電の全ての業務を行ってきた。しかし、その活動範囲はほぼ都市部に集中していたことから、農村部の配電を推進すべく1977年に農村電化庁（The Rural Electrification Board（以下、REB））が設立された。REBは、電力供給を受ける地域住民で構成される農村電化組合の設立を支援し、配電事業の運営を委託してその活動を規制・監督している。主に農村地域の電化を担っており、全電力利用者の69%をカバーしている。同機関は米国国際開発援助庁（USAID）の支援を受けて設立された背景もあり、様々な汚職防止策が講じられた結果、高い事業パフォーマンスを挙げてきた。しかしながら、BPDBによる電力供給不足から慢性的な停電に直面し、規模の拡大によりサービスレベルを維持できなくなった。現在は電力不足に伴い新規配電網の拡張が停止されていることもあり事業運営に課題を抱える。

その他の配電業者としては、ダッカ市及びその周辺地域（ミルプールとグルシヤンを除く）で活動する Dhaka Power Distribution Company Limited（DPDC）、ミルプールとグルシヤンで活動する The Dhaka Electric Supply Company（DESCO）のほか、クルナで配電業務を行う The West Zone Power Distribution Company（WZPDCL）等がある。

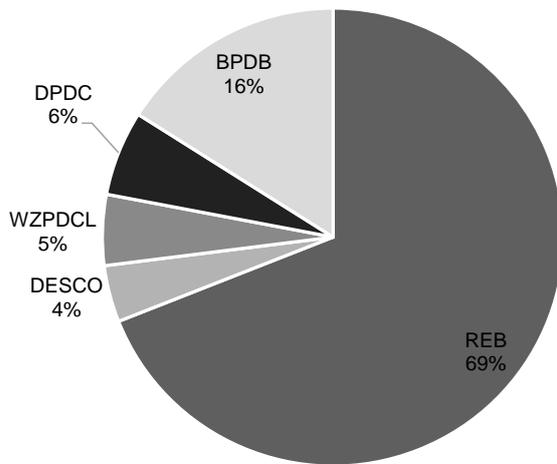


図 3-3: 配電業者別電力販売量

出所 Centre for Policy Dialogue, Development of Bangladesh with Equity and Justice, 2009

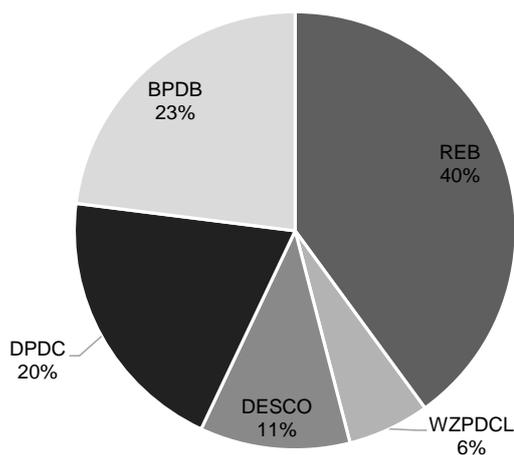


図 3-4: 配電業者別消費者数

出所 Centre for Policy Dialogue, Development of Bangladesh with Equity and Justice, 2009

政府は電力需要とのギャップ改善のため、独立系発電事業者に対する事業免許申請の簡素化、諸税の減免措置を付与している。2010年度は小規模発電事業への投資が増加し、米国、中国、韓国、シンガポール、マレーシア、ドイツ、オランダ、スウェーデンなどから同分野への投資案件が相次ぎ、投資額は合計で5億ドルを超える。しかし、2012年現在での発電所建設計画では旺盛な電力需要の伸びに対応できないことが予想される(図 3-5: 今後の発電所建設プロジェクトの発電量と電力需要の予測)。

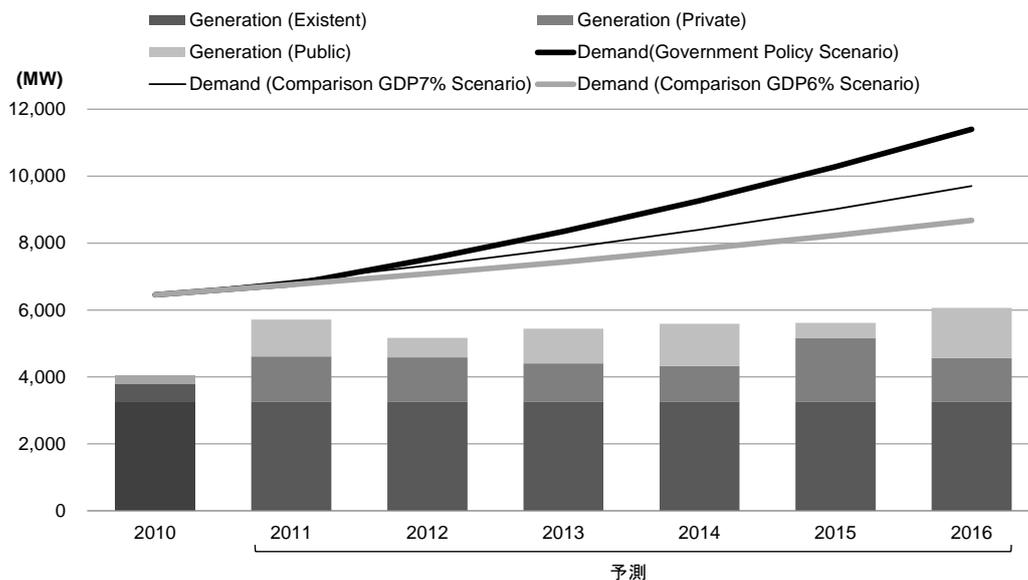


図 3-5: 今後の発電所建設プロジェクトの発電量と電力需要の予測

出所：(発電量) Power Division, MPEMR “Power System Master Plan 2010”

(電力需要の予測) Power Division, MPEMR ウェブサイト (2010 年は実績値、2011 年以降は予測値)

(http://www.powerdivision.gov.bd/index.php?page_id=207) 2012 年 3 月 23 日アクセス

逼迫する電力需要に対応するため、バ国政府は 2001 年に「バングラデシュ国家原子力行動計画 (BANPAP)」を施行し、2007 年 6 月にはルプール原子力発電所 (Rooppur Nuclear Power Plant (以下、RNPP)) 計画を立ち上げ、9,000 MW の原子力発電を建設することを発表した。2010 年 5 月にはロシア連邦との間に原子力エネルギーの平和的利用に関する覚書に調印し、翌年 2 月には 1,000 MW の原子力プラント 2 基の建設に関する契約に調印した。建設予定地は同国の北西部に位置するパブナ 地区のルプールである。RNPP の建設費用は 20 億ドルで、2018 年の稼働が予定されている。同国間の政府間協定は 2011 年 11 月に正式に調印されている。[Government of Bangladesh, 2008] [世界銀行, 2011] [広島大学, 2010]

2) 太陽光発電に関する政策

政府は世界的な石油資源の需給ひっ迫や CO₂ の排出削減に向けた動き、そしてエネルギー安全保障の観点から、再生可能エネルギーの促進を目的として 2008 年に Renewable Energy Policy of Bangladesh を発表した。同政策では、総電力需要に占める再生可能エネルギーの割合を 2015 年までに 5%、2020 年までに 10%にすることを目標としている。対象とするエネルギー源には太陽光、太陽熱、風力、バイオマス、バイオガス、マイクロ水力発電が含まれる。また、同政策では再生可能エネルギーの促進に向けた様々な優遇政策と規制を打ち出している。

このような政策を受けて、電力セクターの各機関は様々な太陽光発電の導入に取り組んで

いる。一例として、公営の発電所や都市部の配電所の運営を行う BPDB では、各地で約 10MW の太陽光発電プラントを IPP (Independent Power Producers = 独立系発電事業者) 方式で設置する計画を進めている。現状を確認するためバ国で太陽光パネルの製造を行っている会社にヒアリング調査を行ったところ、BPDP は現在 5 メガワットと 3 メガワットの 2 基の太陽光パネルプラントをカプタイとハティアで各々建設中である。それら 2 基以外の案件については資金調達のプロセスの最中にある、との事であった。また、前述の REB はリース形式で SHS の普及を進めており、これまでに 12,000 件を導入したほか、太陽光灌漑システムの導入を進めており、全国で 20 台の灌漑ポンプを設置予定である。 [Government of Bangladesh, 2008] [世界銀行, 2011] [広島大学, 2010]

また、後述する IDCOL (Infrastructure Development Company Limited) は、国際機関の後押しを受けて、SHS を 200 万世帯に導入している。その他、普及灌漑用ポンプの開発に向けて 2 つのパイロットプロジェクトを実施中である。一つは、地球環境ファシリティ (GEF) から 527 万タカの資金援助を受けて Grameen Shakti (詳細は後述) が実施しているナオガオンおよびシャパハールでのプロジェクトである。ここで GEF とは、環境に関するストックホルム条約の資金メカニズムとして世界銀行に設置されている信託基金である。IDCOL のプロジェクトでは 175 ワットの太陽光パネルを 64 枚連結し、3 ヘクタールの農地に 25 万リットル/日の水を供給する。もう一つは、IDCOL の資金提供により RSF が実施するバニアリ、バリナガール、およびジェソールでのプロジェクトである。8.4 キロワットの電力を発電し、244 万リットル/日 (毎秒 28.32 リットル) の水を 22.5 ヘクタールの農地に供給する。IDCOL では、これらのパイロットプロジェクトが成功すれば、より大規模に太陽光を利用した灌漑システムの導入を実施することを想定している。

3) IDCOL の事業内容

IDCOL は民間セクターによるインフラ開発への投資を通じてバ国の経済開発を促進することを目的として 1997 年に設立された開発金融機関である。電力開発や港湾整備等のインフラ開発事業全般を対象としており、特に注力しているのが発電所建設と太陽光発電を含む再生可能エネルギー事業への投資である。同機関は世界銀行やアジア開発銀行などの国際開発機関及び先進国政府の支援により、2011 年時点で 8.7 億タカ (1 タカは約 1 円) の資産を有している。IDCOL は 31 のパートナー組織 (Partner Organization (以下、PO)) に SHS の設置を委託しており、IDCOL の技術標準委員会 (Technical Standards Committee) が発電効率等の製品仕様に関する基準を設け、PO による SHS の設置後に同委員会が品質を検査し、合格したものに対して融資を実施するシステムを採用している。これにより、同システムにおける SHS 設置の品質を確保しつつ、PO の資金的な制約を緩和し、さらにマイクロファイナンスの仕組みを熟知し農村地域のネットワークを持つ NGO を活用することにより、設立から今日までに 140 万件以上の SHS の導入を達成している。なお、IDCOL が設定している基準は太陽光パネルからの電流が一定している事やバッテリーの接続が安定している等

である。通常の結晶シリコンタイプの太陽光パネルを販売している NGO にヒアリングした結果、本調査で使用する軽量太陽光パネルはこれらの IDCOL の基準をクリアするとのことであった。

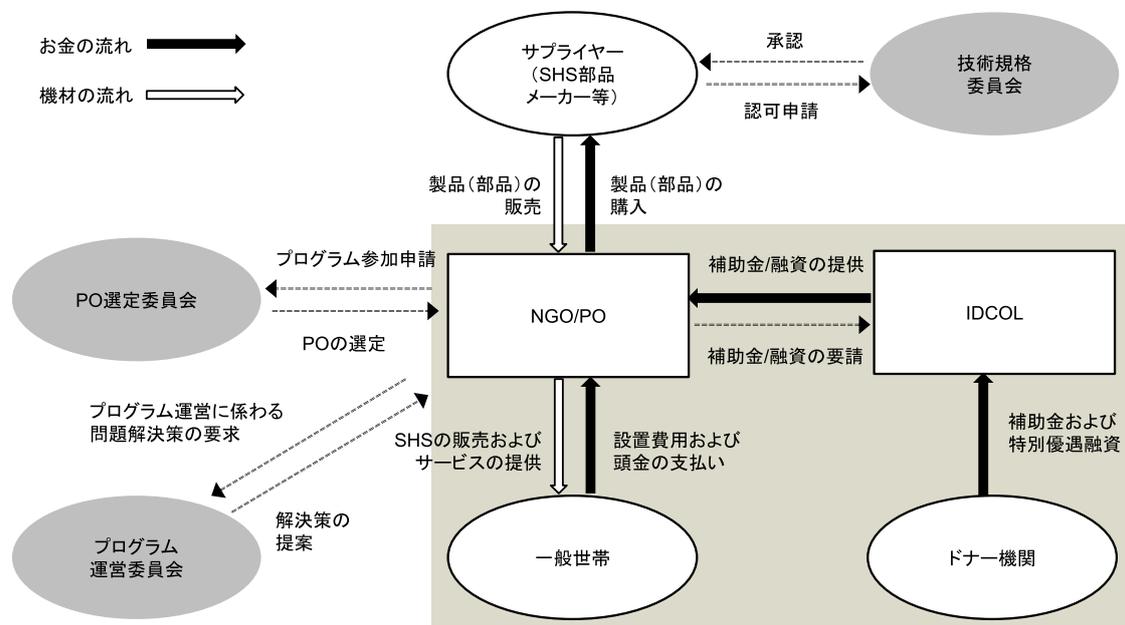


図 3-6: IDCOL の SHS プログラム

出所 IDCOL の公表データに基づき JICA 調査団作成

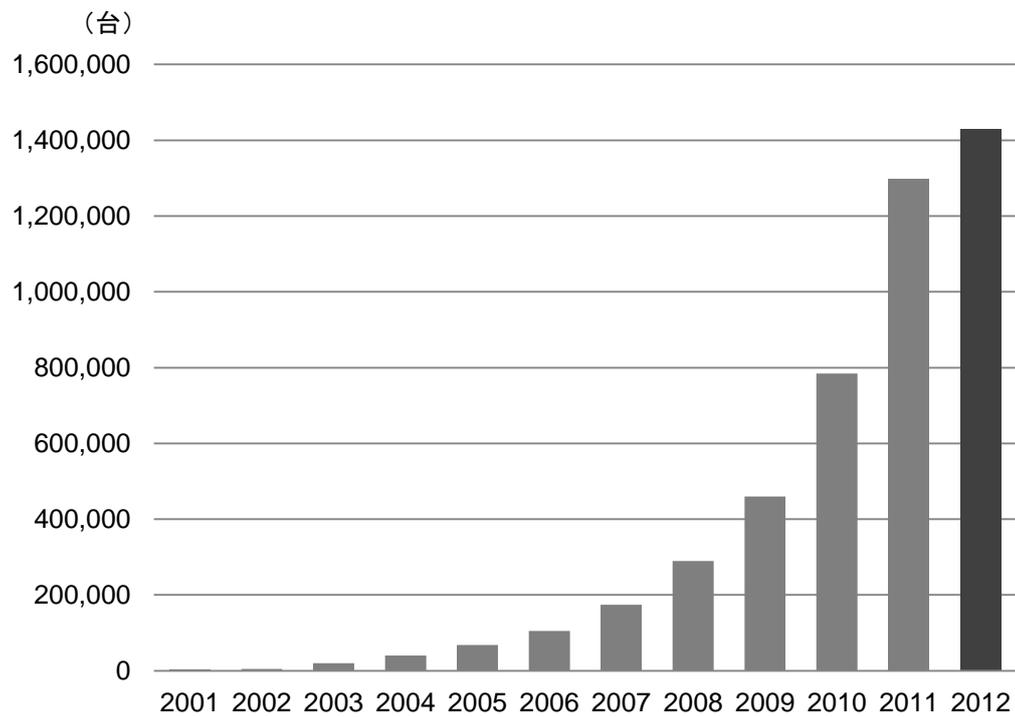


図 3-7: IDCOL の融資を活用した SHS の設置台数 (累積)

出所: IDCOL の公表データに基づき JICA 調査団作成

*2012 年は 4 月 29 日時点の数値

4. ニーズ調査

4-1. ニーズ調査サマリー

本調査では、バ国における軽量太陽光パネルへの潜在ニーズを抽出するため、提案時に想定された SHS、リキシャへの搭載を含めて軽量太陽光パネルの用途を広範囲に調査した。調査に際しては、日本国内での青年海外協力隊 OB/OG とのブレインストーミングセッション、バ国の各分野の専門家、NGO、民間企業へのヒアリングを実施した。そのうえで、調査団が設定した評価軸に基づき事業性の高い用途についてはさらに詳細なニーズ調査を実施し、パイロット候補を絞り込んだ。最後に、現地パートナーとともに試作品を製作して現地で一定期間使用してもらい、現地パートナーおよび利用者へのインタビューを通じて製品化に向けた課題と可能性を探った。パイロット調査については次章で説明する。

ニーズ調査の結果、バ国農村部で急速に普及している SHS への需要が高いことが改めて確認できたほか、ディーゼルオイルの高騰に伴い近年注目を集めるソーラー灌漑ポンプ、そして拡大する養禽市場を背景とするソーラーふ卵器への潜在的需要が高いことが新たに判明した。その他、パイロット実施には至らなかったものの、潜在的なニーズが見込まれる用途が多数挙げられた。一方で、当初パイロット候補として期待されたリキシャへの搭載による携帯電話の充電については政策的、社会的な理由から断念せざるを得なかった。文献調査、及びリキシャ運転手、業界関係者にヒアリングした結果、バ国では政府によるリキシャの法規制が強まっていることから、将来の市場性は非常に不透明であり、拡大は見込めないことが判明した。また、リキシャ組合の政党色が強く非合法のリキシャが多いことから事業として成立する見込みが低いことも明らかとなった。

ニーズ調査から明らかになったこととして、太陽光パネルを使用した応用製品のポイントは農村の人々の生活や収入に直結する必需品であることが挙げられる（応用製品候補リストについては別添 I を参照）。調査の過程で様々な用途が挙げられたが、生活に必須の用途についてはすでに普及しているか、あるいは開発に取り組む業者がおり、軽量太陽光パネルについても導入の是非に関する具体的な議論が行われやすい。逆に言えば、「あれば便利」という程度の用途については「なくても構わない」という評価になるか、あるいはニーズの特定が難しい。また、軽量太陽光パネルを利用する際には蓄電のためのバッテリーを必要とする場合が多いが、可搬性を生かすためにはバッテリーが不要な用途か、もしくは従来型の太陽光パネルでは設置できない用途が適していることも明らかとなった。バッテリーを必要とする場合には、系統電力やジェネレーターで充電するという方式が広く普及していることから、それらの方法と比較してなおかつ需要が生まれる用途かどうかを検証する必要がある。

さらに具体的に見てみると、移動中の利用という観点ではバ国農村部においては携帯する電化製品は多くないことも判明した。例えば、巡回診療等で使用する機器にニーズがあるのではないかと仮説を立てたが、そのような巡回診療自体がバ国では普及していないこと、

仮にあったとしても農村部で電力を使用する医療機器は一般的ではないことが分かった。また、利用者にもたらすベネフィットという視点からみると、「明るくする（照明）」はすべてのセクターでニーズが高い。ただし、夜間利用が主であり太陽光パネルだけでなくバッテリーが必要となる。例えば露天商に軽量太陽光パネルを利用してもらいヒアリングした結果によれば、彼らはすでに店舗で充電したバッテリーを利用して照明を得ており、価格等についても満足しているとのことで、太陽光パネルに切り替えるためにはバッテリーの充電と比較して安いと感じる価格まで下げる必要がある。また、「冷やす」というベネフィットに繋がるニーズは非常に高い。これはバ国では一年を通じて気温が高く、かつ電力が不足しているために冷蔵庫等が普及していないことが理由と考えられる。冷やす対象も野菜、魚、人、家畜など様々であるが、「明るくする」ニーズに比べて消費電力が全体的に高いことが障害となった。そのなかで、ふ卵器については比較的消費電力が低く、かつ養禽は農村の人々の重要な副収入の手段であることから有力な候補として選ばれている。さらに「動かす」というベネフィットは農業や交通に多いが、特にソーラー灌漑ポンプは非常にニーズがあると判断された。理由として、昼間に稼働すればよいためバッテリーが不要であること、そして農村の人々の収入に直結することが挙げられる。

4-2. ニーズ調査手法

1) ニーズ発掘

現地の潜在ニーズをできる限り網羅的に収集するため、日本国内及びバ国における各分野の専門家、NGO、研究機関等を訪問し、軽量太陽光パネルの農村部における用途についてヒアリング、ディスカッション等を実施して応用製品候補リスト（以下、ロングリスト）を作成した。その際、軽量太陽光パネルの特性である薄さ、軽さ、柔軟さを総括するコンセプトである「ポータビリティ」を軸として、利用場所、温める・冷やすなどの応用製品から得られるベネフィット、実際に使用されるセクターの3つの切り口からアイデアを抽出した。応用製品候補リストについては別添Iを参照。

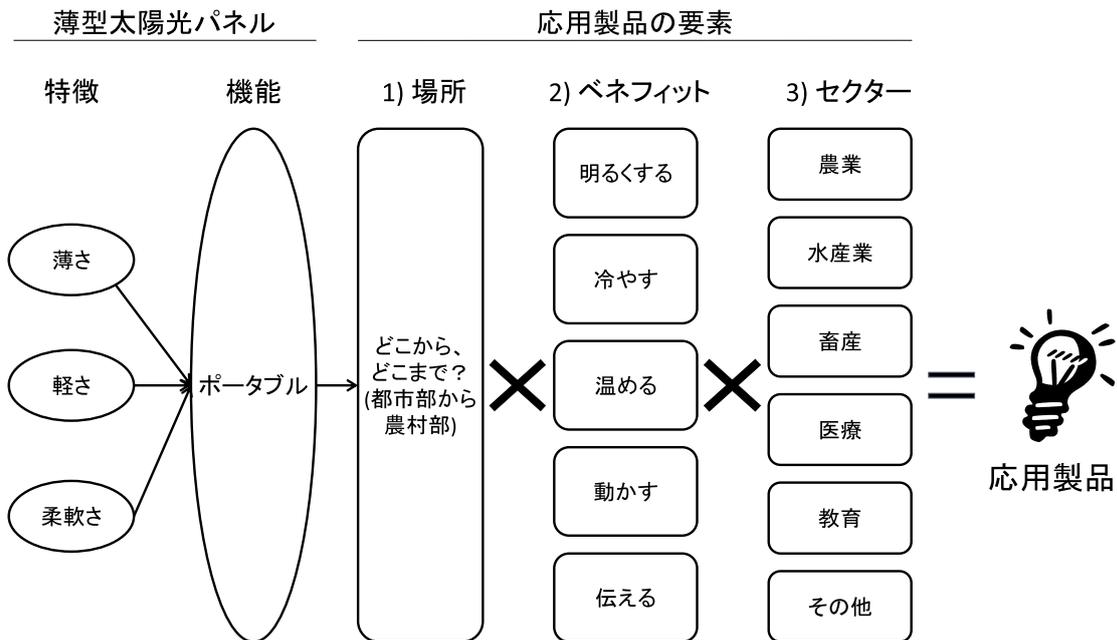


図 4-1: 軽量太陽光パネルの特性を活かした応用方法の考え方

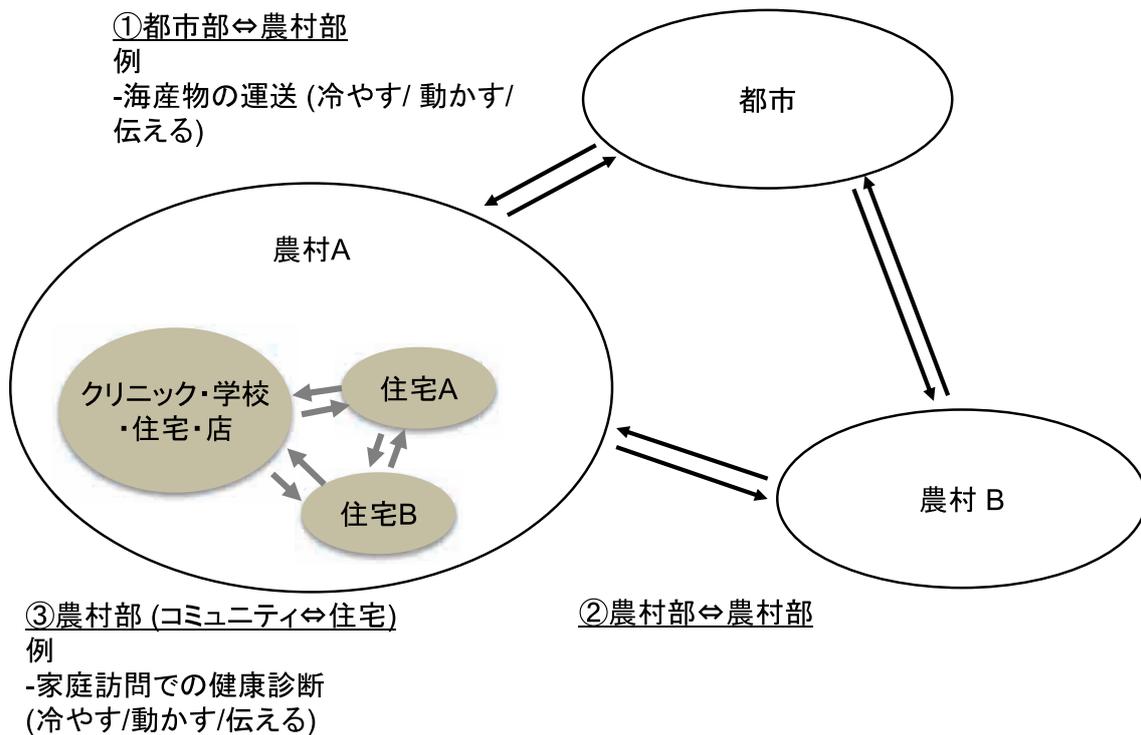


図 4-2: 地域間の移動パターン

ロングリストを概観すると灌漑ポンプ、ふ卵器、農薬噴霧、スプリンクラー、搾乳機など農業向けの用途が目立つ。また、冷蔵庫、製氷機、保温毛布など冷やしたり温めたりする

用途も多かった。広範囲にヒアリングをした結果、数多くの候補が出された。いくつか例を紹介すると、携帯電話やタブレット端末の充電、市場・漁船・大型バス等の商業用照明、農薬散布、スプリンクラー、搾乳機、持ち運びファン、オートリキシャの補助動力、テレビクルー用の電力などがあった。

2) ニーズ絞り込み

ロングリストに挙げた中からパイロットに進む候補を絞り込んだ。絞り込みのプロセスを図にしたものを示し詳細を説明する。

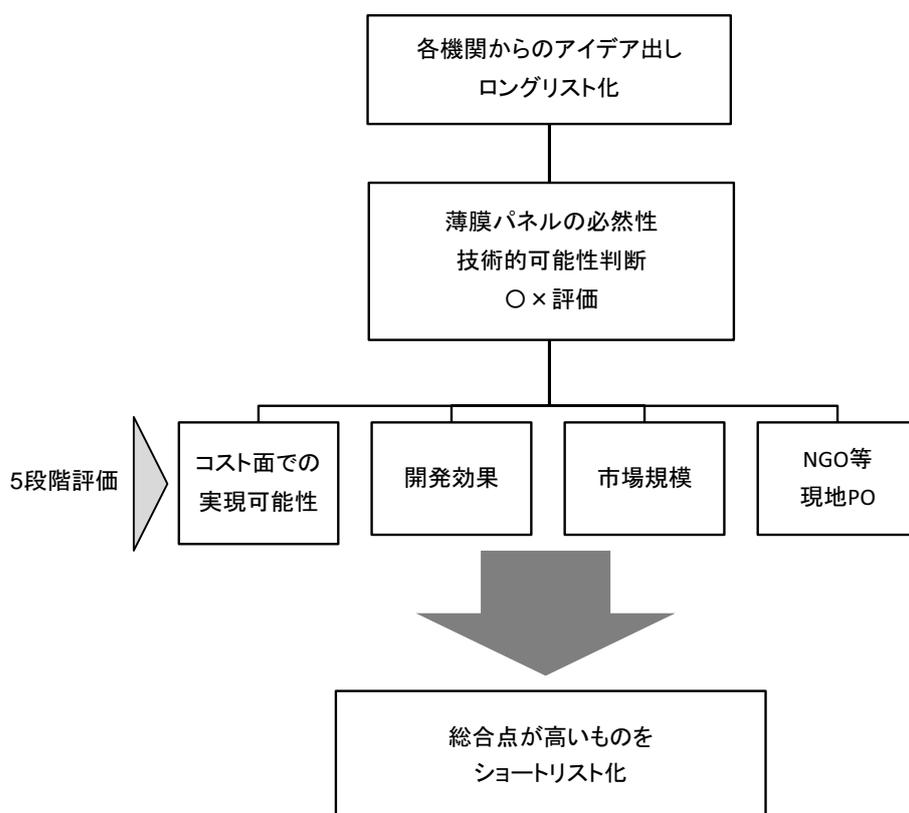


図 4-3: ショートリストへの絞り込みプロセス

*図中、PO は Partner Organization の略

まず、ロングリストに挙げた案件について薄膜パネルの必然性があるか、必要電力が大きすぎず技術的にも可能かどうかを判断し、○×をつけて妥当性のないものは候補から外した。バ国でも結晶シリコンタイプの太陽光パネルが普及しているが、本調査では薄膜軽量タイプの太陽光パネルの使用を前提としているからである。また、技術的に達成不可能なものが含まれている懸念もあった。○×評価の結果残った候補について、コスト面での実現可能性、開発効果、市場規模、NGO等現地機関の実施可能性の4つの視点から評価した。まずコスト面での実現可能性は、BOP層の視点で、良いアイデアでもBOP層が購入で

きる価格帯でなければ実現しない。つまり費用対効果の視点から評価した。このためにまずアイデアを実現するシステムのイメージを作成し、その構成要素の価格情報をインターネット等から入手してシステムコストを算出した。次に開発課題を解決するという視点で、裨益層は誰か、どの程度の効果が期待できるのかを複数の NGO からヒアリングすることで情報を収集し評価した。次に企業の視点で、ビジネスとして継続させるために市場がどのくらい存在するのかを推定した。最後にパイロットを実施できる NGO 等のパートナーがいるかどうかを評価した。NGO によっても得意分野がある。また規模の大きな NGO は組織としての意思決定に時間が掛かることがある。これらの条件を考慮して、実施するパイロットについて妥当な評価ができる NGO があるかどうかを評価した。上記プロセスで絞り込んだ結果をショートリストにまとめ、最終候補を選定した。

表 4-1: ロングリストの評価イメージ

応用製品	(a) 実現可能性	(b) 開発効果	(c) 市場規模	(d) F/S実現可能性 (NGO)	計
1 灌漑ポンプ	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓ (BRAC Agri.)	11
2 モーターチャージャー	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓	9
3 野菜冷蔵庫	✓✓✓	✓✓	✓	✓✓✓ (BRAC Agri.)	9
4 Xxxx					
5 Xxxx					

表 4-2: 二次スクリーニング基準

	5	4	3	2	1
(a) 実現可能性	・必要電力少 and ・薄膜の利点有	・必要電力少 or ・薄膜の利点有	・必要電力中 and ・薄膜の利点有	・必要電力大 or ・薄膜の利点少	・必要電力大 and ・薄膜の利点無
(b) 開発効果	・低所得者層の収入 機会に直接貢献	・低所得者層の収入 機会に間接的貢献	・低所得者層の生活 環境改善に寄与	・低所得者層へのイ ンパクト小	・開発効果なし
(c) 市場規模	・1億人以上	・1千万人以上	・1百万人以上	・10万人以上	・10万人未満

調査の結果、灌漑ポンプと飲料水ポンプを合わせた多機能ポンプがひとつ、ふ卵器がもうひとつの候補として最終的に残った。ただし、飲料水ポンプに関しては公表されているデータが少なく、詳細な調査を行うのが難しいと判断された。そのため、まずは灌漑ポンプのみを先行させることにした。

表 4-3: 応用製品最終候補一覧

用途	技術面での 実現可能性	開発効果	市場規模(仮定)	総合評価	定性評価
家庭用太陽光 発電システム 1 (SHS)	5 (既存製品あり)	5 (勉強時間の延長・ 女性の雇用)	4 (1,540万人)	14	・無電化村では必要 ・既存品の販売数が飛躍的に伸び ている
2 小型灌漑用ポンプ	5 (既存製品あり)	5 (零細農家の所得向上)	3 (224万人)	13	・小規模農家には小規模なポンプ が必要とされている(現地NGO)
3 ふ卵器	4 (既存製品あり)	5 (零細農家の所得向上)	3 (731万人)	12	・養禽業のニーズは非常に高い(現 地NGO)

選定されなかったものの中には定量的な評価は高いものの、改めて定性的な評価を行うと利用者が特定できないものもあった。例えば、携帯電話とタブレット端末については、当初は無電化村では大きな需要があると評価されたものの、充電用の小型バッテリーが既に市販されており、数時間かけて軽量太陽光パネルで充電するニーズは高くないという意見があった。次に商業用照明は従来型太陽光パネルで事足りる場合が多く、軽量太陽光パネルのメリットを生かせないことが判明した。農薬散布、スプリンクラー、搾乳機についてはヒアリング対象の機関により必要性に対する意見が大きく異なるために需要が特定できなかった。また、持ち運びファンは必要な電気量が大きく太陽光パネルでその電力を賄うのは難しかった。

以降では、パイロット候補として挙げられた 3 つの用途に関する詳細ニーズを分析する。また、当初の提案時点での候補であったリキシャに対するニーズ調査結果についても、参考情報として報告する。

4-3. SHS

1) 調査概要

本調査では、三菱化学の軽量太陽光パネルが、SHS の利用者や NGO に対して提供しうる付加価値を調査する。調査の結果、SHS に使用する太陽光パネルは何よりも価格優位性が重要であり、軽量太陽光パネルが市場シェアを獲得できるか否かはその価格レベルによって大きく左右されることが明らかとなった。三菱化学の有機薄膜パネルの特性である薄型で軽量かつ高い柔軟性を有することについては、これまでのところ NGO からは運搬や設置の作業が容易になる可能性に期待が寄せられている。また、取り外し可能であればサイクロン等の自然災害や盗難への対策になる可能性も指摘されている。

なお、SHS はグリッドが繋がればいらなくなるとの議論がある。確かにバングラデシュの農村部のかなり奥地まで送電用の電信柱が立っている。この点を NGO に聞いてみたが計画倒れになっており送電線が繋がる見通しが立っていない状況とのことであった。バ国の電力事情を鑑みると NGO のコメントは合点がいくもので、それ故昨今の SHS の高い売れ行きに繋がっているようであった。

調査方法としては、関係機関および NGO へのヒアリングを行い、現状の軽量太陽光パネル

へのニーズ及び今後の市場の展望について聴取した（表 4-4: SHS 調査に関する訪問先リスト）。また、各バリューチェーンにおける現状の作業確認と薄型太陽光パネルへのニーズを調査するため、TMSS¹へのインタビューを行った。

表 4-4: SHS 調査に関する訪問先リスト

カテゴリー (SHS関係機関)	役職	訪問目的
1 Infrastructure Development Company Limited (IDCOL)	・CEO ・Director Legal Affairs and Financial Relations	・バ国における、SHSプログラム含む、再生可能エネルギー分野についての意見交換の実施
2 Grameen Shakti	・Acting Managing Director ・Deputy General Manager ・Acting General Manager ・System Designer 他	・SHSプログラムならびに再生可能エネルギー分野についてのヒアリングの実施。本プロジェクトパートナー締結の可能性調査の実施
3 Rural Service Foundation (RSF)	・Executive Director ・Head of Operation	・SHSプログラムならびに再生可能エネルギー分野についてのヒアリングの実施。本プロジェクトパートナー締結の可能性調査の実施
4 Bright Green Energy Foundation (BGEF)	・Founder & Chairman ・Head of Research & Development	・SHSプログラムならびに再生可能エネルギー分野についてのヒアリングの実施。本プロジェクトパートナー締結の可能性調査の実施
5 Hilful Fuzul Samaj Kallyan Sangstha	・CEO	・SHSプログラムならびに再生可能エネルギー分野についてのヒアリングの実施。本プロジェクトパートナー締結の可能性調査の実施
6 TMSS	・Executive Director ・Deputy Executive Director ・Program Director ・Deputy Director	・SHSプログラムならびに再生可能エネルギー分野についてのヒアリングの実施。本プロジェクトパートナー締結の可能性調査の実施
7 Green Housing & Energy Limited (GHEL)	・Managing Director	・SHSプログラムならびに再生可能エネルギー分野についてのヒアリングの実施。本プロジェクトパートナー締結の可能性調査の実施

2) 市場規模

バ国では、第3章で紹介したとおり太陽光パネルの普及に重要な役割を果たしている IDCOL、ならびにその PO を通じて SHS の設置を推進しており、1997 年から 2013 年時点までの累積で 200 万件を超える SHS の導入を実現している。本項では、IDCOL の上位 PO が採用する太陽光システムを通して、バ国全体の太陽光パネル市場を概観する。

(a) 設置業者別導入数

一般的な太陽光発電システムコストの内訳をみると、パネルとバッテリーが各々3割程度と大半を占めるため、以下ではパネルとバッテリーについて調査を行った。対象 PO は、Grameen Shakti、Rural Services Foundation (RSF)、BRAC、Srizony Bangladesh、Hilful Fuzul Samaj Kallyan Sangstha (HFSKS) の上位 5 つの PO と TMSS である。これら上位 5 つの PO がバ国の累積 SHS 設置数の 8 割強を占める。後述する今回の SHS パイロット調

¹ TMSS は IDCOL の PO の一つであり、今回の調査では現場視察を含めて協力を得た

査の現地パートナーである NGO の TMSS についても参考として図 4-4: PO 別シェア (累積パネル導入数)に記載している。

2012年4月末時点のパネルシェアは以下の通り(図 4-4: PO 別シェア(累積パネル導入数))。

Grameen Shakti が 56%と過半を占め、RSF、BRAC、Srizony、HFSKS と続く。

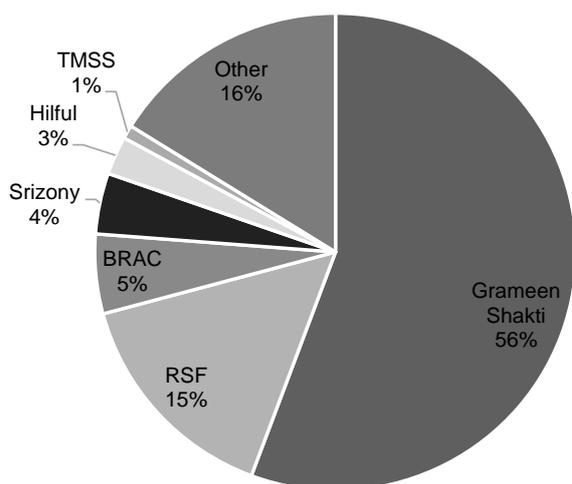


図 4-4: PO 別シェア (累積パネル導入数)

出所: 現地 NGO へのヒアリングに基づき JICA 調査団作成

累積導入数の絶対値は以下のとおり。

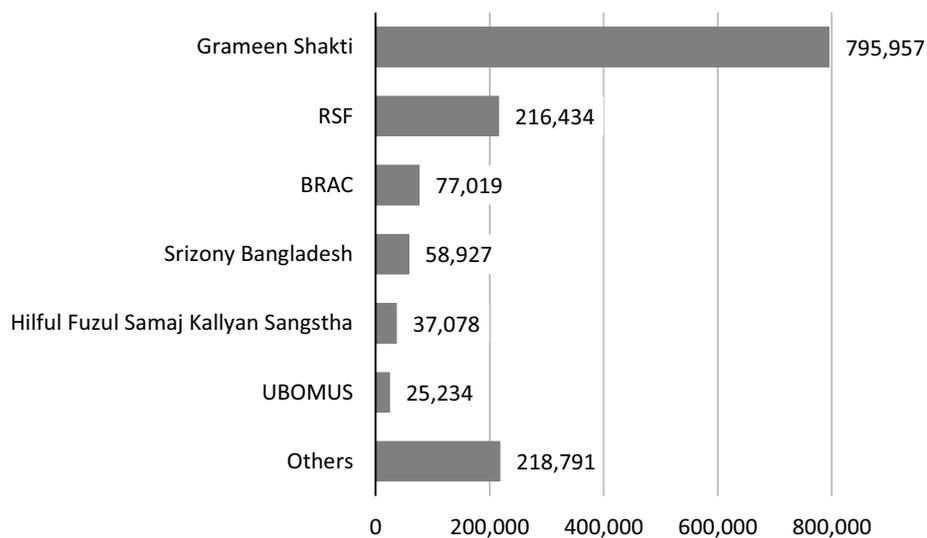


図 4-5: PO 別の累積 SHS 設置数

出所: IDCOL HP

*データは 2012年4月29日時点

一方、これら上位5位の順位は年次ベースの新規設置数で見ると入れ替わりが見られる。2005年時点で2位であったBRACは2012年には3位(5%)に転落し、逆に2006年にサービスを開始したRSFは着実にシェアを伸ばし、2位(15%)に上昇している。また、Srizony Bangladeshも4位(4%)と健闘している。Grameen Shaktiはややシェアを下けているが、1位(56%)で過半数を占める状況に変わりはない。これら順位の入替わりについて、RSFやTMSSのコメントでは、購入者は保証も含めたアフターサービスを重視しており、アフターサービスがしっかりしている事が売りに繋がるとのことであった。購入者との日常的な会話などを頻繁に行いながら設置後のメンテナンスをしっかり行うと、それが評判となって地域全体に広がり、多くの新たな購入者につながるということであった。

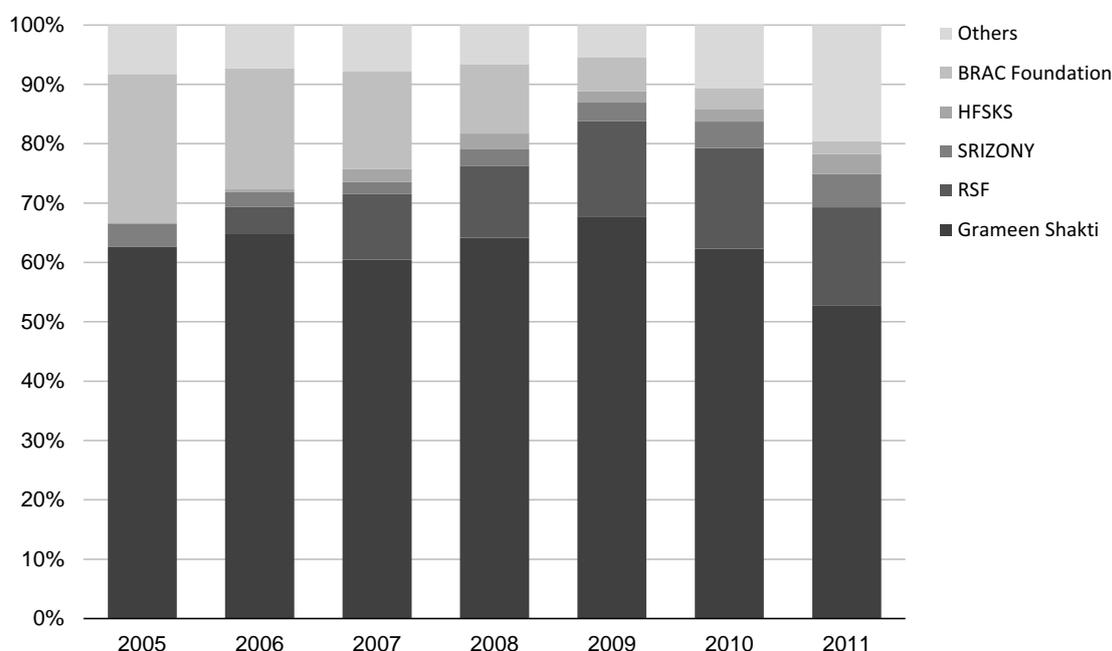


図 4-6: 新規 SHS 設置数シェアの推移

出所: IDCOL、2011年は8月までの実績

(b) 製造国別導入シェアおよび価格

ヒアリングを実施した上位5つのPOとTMSSが市場全体を代表すると仮定したうえで、太陽光パネル製造国別シェアを算出した(図4-7: 太陽光パネル製造国別シェア)。これをみると、中国製が77%と大きなシェアを占め、インド製が続く。主なパネル製造業者は、京セラ(中国製)33.2%、サンテック(中国)14.7%、ソーラーランド(中国)10.1%などである。なお、77%の中国製のうち43%を占める京セラ(中国製)の製造国については、京セラ韓国から購入したという現地NGOからのヒアリングに基づき推測した。京セラは韓国には生産

拠点を有しておらず、ヒアリングしたパネル単価も安いことから、現時点では中国にて生産したものと仮定した。

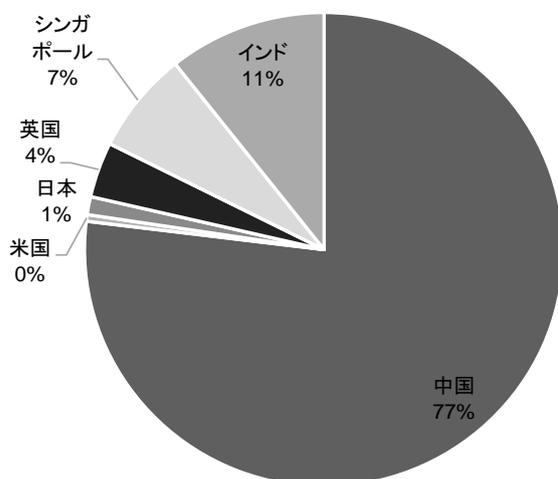


図 4-7: 太陽光パネル製造国別シェア

導入している太陽光パネルにつき、1ワットあたりの価格をヒアリングしたところ、結果は以下の通りであった（表 4-5: 太陽光パネル価格帯）。ヒアリング先はパネルにかかるシェア同様に上位 5 つの PO に TMSS を加えた 6 つの PO である。そのうち、価格情報が得られたものについて記載しており、必ずしもすべての PO に適用されるものではない点には注意が必要である。

ヒアリングの結果、中国製とインド製が最も安く 1.0~1.7 ドルで、次に欧米製、日本製と続く。但し、京セラについては上述の通り日本製と中国製（推測）が混在しており、日本製は 2.8 ドル、中国製（推測）は 1.4 ドルである。

表 4-5: 太陽光パネル価格帯

(単位:米ドル)	
製造国	ワット単価
中国	1.0~1.5
インド	1.1~1.7
欧米諸国	1.9~2.0
日本	2.8

出所: 現地複数 NGO へのヒアリングに基づき JICA 調査団作成

*価格は参考値

バッテリー製造業者については、Rahimafrooz、Rimzo、Z by A Corporation など、地場のメーカーのバッテリーを採用している PO が多い（表 4-6: 主なバッテリー製造業者）。表上

の「採用 PO 数」は、前述の 6 つの PO のうち、何社が当該メーカーのバッテリーを採用しているかを示したものである。

表 4-6: 主なバッテリー製造業者

メーカー	本社所在地	採用PO数
1 Rahimafrooz	バングラデシュ	6
2 Rimso	バングラデシュ	3
3 Z by A Corporation	バングラデシュ	3
4 Volvo	スウェーデン	2
5 EURO Battery Manufacturing Co. Ltd.	バングラデシュ	2

出所: 現地複数 NGO へのヒアリングに基づき JICA 調査団作成

※価格は参考値

以上、IDCOL の上位 PO を通じてバ国における太陽光パネル市場を概観した。最も目を引く点は、中国のパネル製造国としての圧倒的なシェアである。また、日本製のパネル価格が中国・インド製のパネルと比べて著しく高価であることも確認された。

一方で、現地の NGO から、各メーカーのパネルのパフォーマンスは常に変動しており、表示上の規格出力を大幅に下回る製品も多くあるため、単に価格の安さのみで採用するパネルを決めることはないとのコメントがあった。

しかしながら、現時点では価格の安さと市場シェアの相関は高いという印象は否めず、軽量太陽光パネルをバ国で事業化する際には中国・インド製パネルの価格がひとつの目標値になると思われる。そのうえで、出力の安定性など品質面での担保を添えて競争力を強化することが有効であると推察する。さらに、軽量太陽光パネルの特性である薄型でフレキシブルという特性を生かし、従来型太陽光パネルでは実現できない設置方法を見出すことにより、中国製品との価格面での競争を避けることにつながることを期待される。

(c) ワット別パネルシェア

ワット (W) は発電量の表記であるが、太陽光の強さにより異なる。異種パネルの比較などをする場合は標準照射条件下での最大発電量であるワットピーク (Wp) を用いるのが一般的である。この項では Wp で比較をする。PO へのヒアリング結果によれば、製品については大半が結晶系であり、サイズは現在 50Wp が主流である一方、近年では比較的安価な 20Wp の太陽光パネルがその数を伸ばしているとのこと。

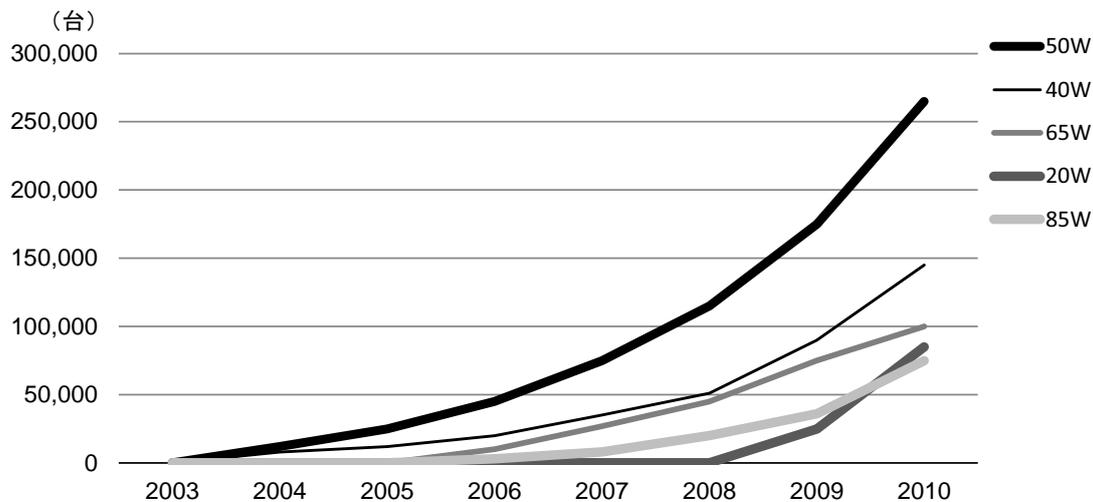


図 4-8: SHS のサイズ別需要の伸び

出所: IDCOL ホームページを参考に JICA 調査団作成

(d) 設置業者の概要

各 PO の概要は次のとおりである。

表 4-7: PO の概要

* PO名	年間設置台数	スタッフ数	**成長率	重点地域	事業領域
1 Grameen Shakti	233,207	11,400	131%	ダッカから300km以内 農村部	再生可能エネルギー
2 RSF	69,668	2,193	177%	農村部及び都市部	再生可能エネルギー、IT教育、 農業サプライチェーン
3 Srizony Bangladesh	22,330	2,261	197%	農村部	保健教育、再生可能エネルギー、 持続可能な農業開発、人権と政策
4 HFSKS	12,967	752	111%	農村部	再生可能エネルギー
5 BRAC Foundation	10,142	***127,000	26%	農村部	ほぼ全分野 (太陽光発電からはフェードアウト)

出所: 各 NGO のホームページ及びパンフレットに基づき JICA 調査団作成

*2011 年度設置数順

**成長率は 2008 年～2009 年の平均。

***うち再生可能エネルギーは 2007 年時点で 400 名

① Grameen Shakti

グラミン銀行グループの一組織であり、1996 年に設立された NGO。再生可能エネルギーの普及を通じて人々に活力を与えることを目的としており、主にダッカから 300 キロ以内の農村部で SHS の普及活動、バイオガス発電事業や料理用かまど改善事業、有機肥料の開発事業を実施している。活動エリアは全国であり、スタッフ数は 2009 年時点で 11,400 人。太陽光パネルは SHS 事業の開始当初から京セラ製を使用しており、バッテリーは Rahimahrooz

社製を使用している。コントロールパネルは同組織が運営する技術センターで訓練を受けた農村女性が製造しており、SHS の設置及びメンテナンスも同様である。

SHS を利用した独自の取組としては、マイクロ・ユーティリティー・モデルとポリ・フォーンの普及がある。マイクロ・ユーティリティー・モデルは、単独で SHS を購入できない貧困層が、自身が購入した SHS を近隣の住民にレンタルし、その料金の徴収で返済の 50% 以上を賄うモデルであり、これまでに 1,000 件の実績を持つ。また、ポリ・フォーンについては、携帯電話を農村女性にリースし、彼女たちがレンタル業を行うことで収入を得られる仕組みを提供するモデルであり、女性企業家の育成と無電化地域への通信手段の提供を目指している。

②Rural Services Foundation (RSF)

2005 年に設立された NPO でスタッフ数は 2,193 人。親会社はバ国におけるバッテリー製造販売大手である Rahimahrooz 社。活動エリアはバングラデシュ全土。サービス内容は SHS のほか、バイオガス工場の建設、改良かまどの普及、人材育成のための IT センターの運営、農業プロジェクトを通じた都市と農村のつながりの強化、サイクロン被災地のリハビリプログラム、ボグラにおける虐げられた子どものための学校及び大学の運営等を行っている。農村部の貧困層の電化を促進するため、2006 年からドイツ技術協力公社（以下、GTZ）の支援を受けて小型 SHS（16W、21W）及びミニ SHS（7.5W）の導入を進めている。

② Srizony Bangladesh

1985 年に設立された NGO。保健、教育、再生可能エネルギー、持続可能な農業開発プログラムのほか、人権擁護活動を行っている。2002 年から SHS 事業を開始し、活動エリアは全国。再生可能エネルギー分野では、SHS のほか、バイオガス、改良かまどに注力している。

④Hilful Fuzul Samaj Kallyan Sangstha (HFSKS)

1992 年に設立された NGO。改良かまど、SHS、GTZ の支援によるバイオガス技術の普及、ヒ素汚染の軽減、災害予防、被災者のための社会開発、マイクロ企業の開発、マイクロクレジット及び技術支援、農村部の水道供給、住宅事業等を行っている。

⑤ BRAC Foundation

1972 年に設立された世界最大級の NGO で、貧困層の社会的自立を目指した様々な活動を行っている。スタッフ数は 119,520 人（2009 年時点）。活動エリアはバングラデシュ全土のほか、アフガニスタン、パキスタン、スリランカ、リベリア、シエラレオネ、南スーダン、タンザニア、ウガンダ、ハイチである。事業内容はあらゆる分野におよぶが、SHS については他の NGO が事業を拡大していることから現在は重点分野から外れ、導入数も年々減少している。

4-4. ソーラー灌漑ポンプ

1) 調査概要

2011 年時点で、バ国において農林業は GDP の 15.5% を占め、また国内の総労働人口の 45%

が従事する主要産業である [Central Intelligence Agency, 2011]。灌漑用水へのアクセスは農民にとって死活問題であり、安定的に灌漑用水を供給できる灌漑ポンプに対する需要は大きい。加えて、灌漑ポンプを購入した場合、周辺農家への灌漑用水の販売が可能となり、新たな収入源にもなる。以下では、バ国の水道設備の状況について述べた後、ソーラー灌漑ポンプの潜在マーケットについて考察する。

まず、バ国の現在の水設備状況について調査を実施した。調査にあたっては国際機関のレポートやジェトロ等日本の機関の公表資料を用いた。主に、生活の基盤となっている井戸の状況を調査した。バ国には井戸が点在しており、正確な統計は取れていないとのことであるが、バ国全体では計 860 万本程度の井戸が存すると推計されている。うち、深度 150 メートル未満の浅井戸 (STW) が 760 万本と大多数を占める。また、バ国では上水道の整備が遅れており、以下に示す通り (表 4-8: バ国の水道設備状況)、国民の約 90%が生活用水を井戸または川などから調達している。

表 4-8: バ国の水道設備状況

地域	人口	家庭水源	利用人口	割合
都市部	25,827,561	水道	10,046,921	7%
		井戸 (浅・深)	8,471,440	6%
		設備なし	7,309,200	5%
農村部	39,989,561	浅井戸	0	0%
		浅深井戸	29,992,171	22%
		深井戸	9,997,390	7%
		設備なし	71,092,545	52%
合計	136,909,667			100%

出所: JETRO 「水設備状況 2005 年」をもとに JICA 調査団作成

2) 市場規模

IDCOL の公表するデータに基づき、バ国の灌漑ポンプ市場について調査を行った。バ国の総灌漑面積は農閑期で約 170 万ヘクタール、灌漑期で約 510 万ヘクタールである [The Daily Star, 2012]。ポンプの普及状況をみると、農閑期では電動ポンプ 26 万台 (1,300MW) (5kW/台)、灌漑期には加えてディーゼルポンプ 130 万台が使用される。ポンプのサイズは 8.4kW で 22.5 ヘクタールを灌漑可能である (373W/ヘクタール)。IDCOL は、2016 年までに 1,500 台 (12MW) のソーラー灌漑ポンプを導入予定である。なお、SHS 同様ソーラーパネルの導入にあたっては国際機関等から約 53 億タカの融資 (民間からの融資約 16 億タカを含む) を受ける予定である。

以上の情報をもとに、ソーラー灌漑ポンプにかかる太陽光パネルの市場規模を推計する。760 万本の浅井戸に対し、ディーゼルポンプが 130 万台存在するが、ここでは仮に 130 万台のディーゼルポンプをソーラー灌漑ポンプに置き換えると仮定して計算を行う。比較的小型の、1 馬力で 50~70 フィート程度の深度から水を汲み上げるポンプ 1 台あたりの必要太

太陽光パネルワット数を 800 ワットと仮定すると、灌漑ポンプにかかる太陽光パネルの市場規模はおよそ 10 億 4,000 万ワット程度と推計される。



政府が管理する 5Kw の灌漑システム



取水口（川から取水）

3) (補足) バ国のヒ素汚染の現状

バ国では地下水のヒ素汚染が大きな問題になっている。本調査で実施予定である小型ポンプについては主に浅井戸をターゲットとすることから、特にヒ素汚染への配慮が必要である。しかしながら、小規模農家が使用できる安価で購入可能なポンプを提供することを目指す以上、深井戸での利用は難しい。このような制約を念頭において、調査終了後に事業化を検討する際には浅井戸の水が安全に利用できる地域が十分に存在することが事業性判断の判断材料となる。

以下、ヒ素汚染の背景から現状の対策についての調査結果を報告する。調査にあたっては国際機関のレポートや専門機関へのヒアリングを実施した。

(a) 背景

1993 年に、バ国で最初の井戸水のヒ素汚染が発見された。インドとの国境付近で、井戸水のモニタリングをしていた地方自治農村開発協同組合省の公衆衛生工学局 (DPHE) が、チャパイナバブガンジ県バロバリアユニオンの 4 本の井戸から基準を超えるヒ素を検出した。翌 1994 年、同じチャパイナバブガンジ県で、保健家族福祉省の予防社会医学研究所 (NIPSOM) は 8 人のヒ素中毒患者を確認。このことが、1995 年にインド・カルカッタで開かれた「地下水のヒ素に関する国際会議」で報告されて、バングラデシュのヒ素汚染は国際的に知られるようになっていき今日に至る。ダッカを含め都市部でもヒ素汚染が深刻である (図 4-9: バ国のヒ素汚染分布図)。政府や国際機関によって対策が試みられているものの、抜本的な解決に至っていないのが現状である。

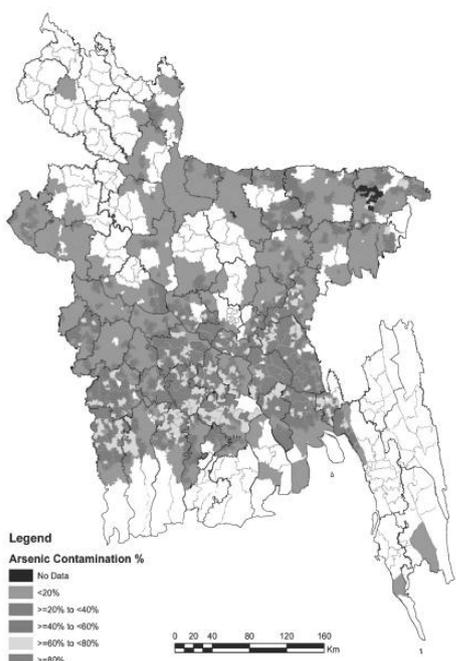


図 4-9: バ国のヒ素汚染分布図

出所 : DPHE・WHO "Situation Analysis of Arsenic Mitigation 2009"

(b) 中毒患者

2008 年時点で、バ国保健・家庭福祉省がつくった枠組みでヒ素中毒患者に登録されている患者数は約 38,000 人とのことである。

(c) バ国政府の対策機関

■ 国家ヒ素対策委員会

バ国政府は 1996 年に、拡大しつつあるヒ素問題に取り組むために、保健家族福祉省の大臣を議長とし、関係機関代表 20 人からなる国家ヒ素対策委員会を設置した。この委員会のもとに、ヒ素技術委員会と科学研究委員会が置かれて、中央のヒ素対策組織になっている。

■ 公衆衛生局 Department of Public Health Engineering (DPHE)

飲料水の供給を担当する政府機関は、公衆衛生工学局 (DPHE) である。DPHE の地方組織は、汚染地の井戸水をフィールドキットで測定し、ヒ素の濃度が基準値 (0.05mg/l) を超えているときは赤色、基準値以下だと緑色のペンキをポンプの吐水口に塗って、住民に注意を喚起してきた。DPHE は新たな水源対策として、深井戸の掘削を進めている。

4-5. ソーラーふ卵器

1) ニーズ調査概要

バ国の家庭を訪問すると、庭先に鶏の姿を見ないことはほとんどなく、また農村部に行くと道路脇や池のほとりに、あひるが放し飼いにされている姿を頻繁に見かける。数字的な

裏付けは後述するが、バ国において養禽業は非常に盛んである。特にあひるについては、飼育コストの低さから副業として営む人も多く、バ国の BOP 層にとって重要な収入源となっている。このような状況の中、近年では肉鶏（ブロイラー）の育成種の改良が急速に進んでいる。結果、母親に抱かせてかえす自然ふ化では賄いきれないほどの規模となり、また卵のふ化成功率も不安定になるといった別の問題も生じてきている。ふ卵器の機能は、天然の母鶏の動作を模倣するもので、卵に対する給温、適当な湿度を保つことや、ときおり卵の回転を行うことである。バ国に限らず、現代の養禽業において、ふ卵器の使用は必須となっている。以下では、バ国におけるソーラーふ卵器のマーケットポテンシャルを把握するため、公開資料や現地でのヒアリングに基づき、期待される市場規模並びに収益分析を行った。なお、鶏とあひるは同時に飼育されている場合が一般的であり、統計上の業者数においては重複しているため、ここではあひるについて記述することとする。以下に用いられている数字はヒアリング等に基づいたあくまで推計値である点は注意が必要である。

2) 市場規模

ソーラーふ卵器にかかる太陽光パネルの市場規模についての調査を行った。ソーラーふ卵器の潜在ユーザーである養禽業者数は、FAO のレポート [FAO Animal Production and Health Division, 2008] や現地でのヒアリングから約 777 万人と推計された（表 4-9: バ国の養禽市場）。これは、大規模なふ卵施設を使用している鶏の飼育業者（Commercial）を除いた、小規模の一般農家（Backyard）での養禽業者数である。ふ卵器 1 台あたりの太陽光パネル必要ワット数を 200 ワットとすると、潜在市場規模は約 15 億 5 千万ワットと推計される。

表 4-9: バ国の養禽市場

	飼育数(羽)	業者規模	業者数	一業者あたり 飼育数(羽)
鶏	91,884,000	大規模(Commercial)	2,200,000	
	91,884,000	一般農家(Backyard)	22,000,000	4
あひる	38,850,000	一般農家(Backyard) *政府運営の農場を除く	7,770,000	5

出所: Bangladesh Bureau of Statistics, “Agriculture Census 2008” 並びに Poultry Sector Country Review, FAO, 2008 参照の上 JICA 調査団作成

*あひるの一業者あたり飼育羽数 5 羽は現地 NGO ヒアリングに基づく JICA 調査団の仮定



ナラヤンゴンジの中央あひる飼育場



裏庭（Backyard）で養禽を営む農家の例

4-6. その他応用製品

パイロット実施には至らなかったものの、将来的な市場が見込めるといふ仮説のもといくつかの応用製品について詳細なニーズ調査を行った。露天商、災害用テント、船上教室、リキシャについて調査を行ったが、パイロット実施に至らなかった主な理由はそれぞれ次の通りであった。まず、露天商については既にライトを安価に使用している者が多く買い替えを考えるほど現状に不便を感じていなかった点、災害用テントについては政府が一時的なシェルターと考えており長期的に暮らせる仕様にしたくない点、船上教室については結晶シリコンタイプで良く薄膜軽量タイプである必然性がなかった点、リキシャについては政府によるリキシャの法規制が強まっているおり事業の拡大が見込めない点である。何れも個々の理由があったが、調査の項目の市場規模が見込めないということであった。以下に調査のサマリーを報告する。尚、露天商、船上教室、およびリキシャについては詳細なニーズ調査実施内容を別添 V に記載している。

1) 露天商

露天商用の照明はロングリスト上の商業用照明に分類された。技術面での実現可能性、開発効果とも高い評価であったが市場規模が見込めないという結果であった。これらのニーズ調査のために、ダッカで営業している 30 名の露天商についてヒアリング調査を行い、さらにその中から 2 店ではデモ機を用いた小テストを行った。

ヒアリングによる 1 次調査の結果、30 名の露天商のうち、20 名はライトを既に所有しており、所有していない露天商は夜間の営業の必要性を感じていない事、照明の暗さに不便を感じてはいない事が判った。また、デモ機を使った 2 次調査の結果でも印象は大きく変わらなかった。照明を使っている 20 名の内、15 名は系統電源を使っていた。停電時はジェネレーターに切り換わる。系統電源の使用料として、管理をしている者に 1 日に 10 タカを支払っている。この料金の中には停電時に稼働するジェネレーターの使用量も含まれている。5 名がバッテリーを使用していたが、毎日の運搬について特に負担を感じていることは無かった。軽量太陽光パネルのシステムの価格については 3 名が 1000 タカ未満という回答

をした。このように、現状のシステムは充分安いと思われている。ただし次のような異なる意見も聞かれた。「軽量太陽光パネルは屋根がある露天商には役に立つ。何故なら充電のためにバッテリーを移動させる必要がないから。」また、今回使用した電灯の明るさは大いに好感をもたれた。パイロットテストで使用した電球の品質が良かったためであるが、それも含めたトータルシステムで売り込み認知度を上げると軽量太陽光パネルのシステムが売れる可能性はある。



調査に協力してくれた露天商



デモ機を用いてテストした様子

2) 災害用テント

バングラデシュは国土の標高が低く水害が頻発している。また国境周辺には難民も多い。水害に遭った人や難民たちは無電化地帯でテントを張って暮らしている場合も多い。そのような人々は軽量・ポータブルな軽量太陽光パネルを用いた照明設備を必要としているのではないか、そのような考えがあったので調査することにした。水害地帯や難民が暮らしている地域は危険が多く近づけないと判断し、調査方法としてはそのような人々の生活に対する知見を豊富に持つ UNHCR（国連難民高等弁務官事務所）のダッカ事務所を訪ねヒアリング調査を行った。当日はコックスバザール近郊にある UNHCR 本部の担当オフィサーも電話で会議に参加して情報提供に協力した。ヒアリングの結果を以下にまとめる。

現在 UNHCR のキャンプ地はコックスバザール近くのナヤパラ、クトゥパロンという 2 か所があり、計 3 万人のミャンマーからの難民が生活している。これらの地域は基本的にグリッドエリアだが、政府の方針で難民キャンプには電気を引けない。バ国政府の基本的スタンスは、「難民キャンプは一日も早く解散し、人々が元いた場所に戻ることに」である。あくまで「一時的な」シェルターとの扱いで、長期的に暮らせる仕様にしたくない。上記政治的な理由により難民キャンプ等で軽量太陽光パネルを広めるのは困難が生じることが判明した。

しかし、難民などのテントに暮らす人々は夜間の灯りのためにケロシンランプ等を使用している。彼等にとって軽量太陽光パネルは大変魅力的な商品であることは間違いない。彼

等のテントの天井は薄いプラスチックのシートでできており3年毎に交換する必要がある。脆弱なので重たい結晶シリコンタイプのソーラーパネルを乗せることはできない。ある企業がポータブルの簡易シェルターテントを開発し売り込んでいるところがあるらしく、こういう企業と組んで軽量太陽光パネルを各地に売り込むのは一案ではないかと考えられる。一方、軽量太陽光パネルはモバイル性が高いため、盗難の心配がある。難民キャンプでは、実際に携帯電話などかなり盗難事件が頻繁に生じているらしく、将来軽量太陽光パネルを展開できることが有った場合もこの点に留意する必要がある。

3) 船上教室

前述したように、バングラデシュは国土の標高が低く水害が頻発している。そのような地域でも多くの人々が暮らしており、子供たちに継続した教育を受けさせる必要があると思われるが、なかなか難しいのが現状である。Shidhulai Swanirvar Sangstha（以下、SSS）というNGOは洪水により道が寸断され学校に通えない子供たちのために船上教室を2001年に開始し、その後船上図書館、船上クリニック、船上トレーニングセンターと業務を拡大してきた。現在はダッカ本店およびナトレにあるRegional Officeの他に、8つのUpazilla Officeを保有。船上施設の電源に結晶シリコンタイプの太陽光パネルを使用しているため、軽量太陽光パネルが活用できないか、そのニーズを確認するため、プロジェクトを実施しているパブナを視察した。

視察の結果、太陽光パネルによる発電量は現在のもので特に不満はなく、教室の作りが頑丈であり、既存のやや重量のあるパネルでも十分に支えることができるため、軽量太陽光パネルのニーズは特に感じていないことが判明した。見学日も各施設に多くの利用者が集まっており、SSSと地域住民の強い信頼関係が感じられた。ただし、資金ソースがほぼ100%寄付であることには事業継続性の観点からやや不安を感じる。軽量太陽光パネルを販売する市場性は無いようであった。軽量太陽光パネルを壁に貼る案については扇風機がない限り、壁材の竹の間から入る隙間風などが重要となるため、厳しい印象であった。一方屋根については教室が頑丈であるため、発電効率が従来型太陽光パネルより高くない限り導入が難しい印象であった。



船上教室外観



内部の様子

4) リキシャ

リキシャの屋根に携帯電話充電アダプタ付きの軽量太陽光パネルを設置することにより、リキシャ運転手が携帯電話の充電等の副収入を得る手段を得られるのではないかとの仮説を検証することを目的とした。しかし調査の結果、バ国では政府によるリキシャの法規制が強まっていることから、将来の市場性は非常に不透明であり、拡大は見込めないことが判明した。また、リキシャ組合の政党色が強く非合法のリキシャが多いことから事業として成立する見込みが低いことも明らかとなった。以上から、本案件をパイロットとして実施することは断念した。

調査方法は文献調査及びリキシャ運転手、業界関係者などへのヒアリングを実施した。文献調査については世界銀行、JICA、Bangladesh Bureau of Statistics の書籍を参照した。また、AFF のナショナルオフィス・スタッフによるダッカ市内のリキシャ運転手 30 名への聞き取り調査を行った。さらに、リキシャ所有者、リキシャ製造者、車庫所有者に対しても聞き取り調査を行った。調査の結果、以下の点が明らかとなった。ダッカ市では公式の登録リキシャは約 8 万台（1987 年時点）であるが、実際には 40 万台ほどのリキシャが営業しており、大半は未登録ないしは 2 重登録の非合法のリキシャである。バ国政府は、世銀からのアドバイスもあり、渋滞の原因と考えられるリキシャを規制する方向であることから、1986 年～87 年以降新規のリキシャ登録は行われていない。また、ダッカ市内のリキシャの大半はリキシャ組合に所属しており、個人所有のリキシャは 2-3 万台に留まるとされる。リキシャ組合は政党色が強く、主要なリキシャ組合は 2 大政党の何れかを支持しており、政党の票田としての色彩が強い。リキシャを管轄する組合は複数あるが、リキシャ運転手のためにあるのではなく、政治団体のリーダーが運営しているものが多数である。また、およそ 60-80 万人いるとされるリキシャ運転手の 80% が平均 2～3 ヶ月の期間労働者である。事業を実施するにはリキシャ運転手の流動性の高さが事業の継続性における障害になる可能性が大変高いと判断した。



既存のソーラーリキシャ (バッテリー有)



屋根に載せられた従来型の結晶パネル

5. パイロット調査

5-1. SHS

1) パイロット調査結果

ニーズ調査の結果を受け、まずはバ国において最も需要が見込まれる SHS について、軽量太陽光パネルを使ったパイロット調査を実施した。以下はニーズ調査から導き出された仮説と、パイロット調査を通じたその検証結果のサマリー表である（表 5-1: SHS パイロット調査による仮説検証サマリー）。具体的な調査内容については別添 III を参照。ニーズ調査の結果をもとに軽量太陽光パネルの特徴を活かすために検証すべき仮説を設定した。輸送から設置にかかるバリューチェーンについては、それぞれ軽量であることの利点を活かし、架台の簡素化や設置時間の短縮、さらには通常では運搬が困難な僻地への運搬が可能になることが期待された。また、利用者にとっては、夜まで灯りがあることによる労働時間の延長、子供の教育時間の延長、さらには現在健康被害に悩まされているケロシンランプの煤の被害の減少などが挙げられた。

パイロット調査を実施した結果、設置負荷の減少や架台の簡素化によるコストの減少を見込めることが確認できた。さらには、軽量であるため、当初バリューチェーンへの組み込みが難しいとされた女性でも、竹のポール先のパネルの取り付けなどができるようになり、女性のエンパワメントにも貢献できることが確認された。

表 5-1: SHS パイロット調査による仮説検証サマリー

ニーズ調査の結果(仮説)	パイロット調査(仮説検証)	パイロット実施(仮説検証)結果
<ul style="list-style-type: none"> ■軽いので輸送が容易(トラック不要) ■アルミフレームがいらず、設置が容易で、設置時間が短縮される ■架台等が簡素化でき、設置コストが削減できる ■脆弱な箇所にも設置が可能: 吊るし型、テント、ポール ■災害時の脱着が容易 ■僻地(リキシャの入れない場所)へ運搬が可能 ■労働時間の延長 ■教育時間の延長 ■健康の改善(ケロシン煤対策) ■女性の設置プロセスへの取り込みは、社会背景により難しい 	<ul style="list-style-type: none"> ■技術の現地環境への適合性の検証(性能・輸送・設置負荷を比較) ■パネルの実際の設置による労働者への開発効果の確認 ■パネルの実際の使用によるエンドユーザーの評価の確認 ■価格感応度の確認 ■設置方法の検討による軽量太陽光パネルの付加価値の確認 <p>*具体的な調査内容は別添III参照</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■軽量なので輸送が容易(輸送者アンケート) ■設置時間が短縮。既存パネルの平均1時間に対し、軽量太陽光パネルは30分程度 ■架台を簡素化、さらに鉄製ポールを竹のポールにしてコストが削減された ■並行して吊るし型の実験中。成功すれば設置コストの削減にもつながる ■パイロット期間中には災害被害に合わなかったが、脱着は容易と予想される ■設置時に屋根に上る際の負担が軽くなった ■労働時間延長により、収入が増えた ■夜間勉強による最優秀成績での高校卒業 ■ケロシン煤による健康被害の解消 ■女性でも、地上で竹のポールの先にパネルを取り付けるのは可能ということを確認 <p><その他NGOからのコメント></p> <ul style="list-style-type: none"> ■バ国一般のパネルに比べ電圧が高い ■脆弱性の懸念: 激しく折り曲げた場合セルが故障する

次に、軽量太陽光パネルの価格感応度について、パートナーNGO へのヒアリングを基に検証を行った。

ニーズ調査の章で述べたように、現在バ国においては中国製の安価なパネルが市場を席卷している。これらの安価な中国製パネルに対し、パネル単体で価格競争を挑むことは難しく、軽量太陽光パネルがバ国で事業性を確保するためには別のアプローチを考える必要がある。そこで、パネル単体でなく、SHS システム全体で既存のシステムと軽量太陽光パネルを使った SHS システムを比較した。軽量太陽光パネルを利用することで、架台の簡素化による設置コスト、および輸送・設置にかかる人件費等の間接費が、既存の結晶型パネルを利用した SHS システムに比べ大幅に削減される。仮に SHS システム全体では既存のものと同価格、間接費が半分に削減され(現地 NGO へのヒアリングに基づく仮定。精緻な数値については詳細な追加調査が必要)、マージンを 10%に絞ると仮定するとワットあたりの軽量太陽光パネル単価は、最大 548 タカまで受け入れられることがわかる。

上記はあくまでイメージであるが、このように、パネル単体でみると事業性の担保が難しいものでも、システム全体で比較した場合、薄膜・軽量という点で付加価値を見出し、市

場を創出することができる」と期待される。

表 5-2: SHS 用パネル価格感応度検証のための前提条件

基本条件	
SHSシステム	40ワット ・パイロット調査で使用した40ワットを採用
パネル単価/ワット	100タカ ・調査時点の市場価格
間接費削減割合	50% ・仮定
マージン	10% ・仮定
価格感応度	
軽量太陽光パネルワット単価	548タカ ・上記条件下での最大ワット単価
既存SHS (ASIS)	
	単位:タカ
太陽光パネル	4,000 ・基本条件より算出
付属品	19,631 ・パイロットで使用した実績値
間接費	12,000 ・現地NGOへのヒアリングより仮定
輸送	2,000
設置	2,000
オペレーション	8,000
マージン	15,000
%	30%
Total: SHS価格	50,631
軽量パネルSHS (TOBE)	
	単位:タカ
太陽光パネル	21,937 ・SHS価格を一定とし、逆算
付属品	17,631 ・頑丈な鉄の架台が不要になるため控除
間接費	6,000 ・基本条件の削減比率を既存に乗算
輸送	1,000
設置	1,000
オペレーション	4,000
マージン	5,063 ・基本条件をSHS価格に乗算
%	10%
Total: SHS価格	50,631

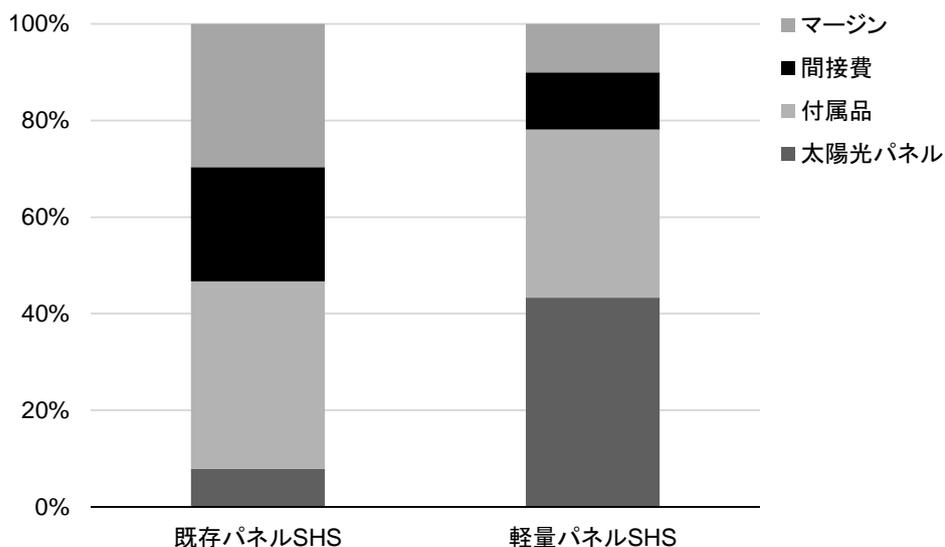


図 5-1: 既存パネル SHS と軽量太陽光パネル SHS のコストイメージ

表 5-3: 軽量太陽光パネルワット単価感応度 (SHS)

		間接費削減割合									単位: ヲカ
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
マージン	5%	492	522	552	582	612	642	672	702	732	762
	10%	428	458	488	518	548	578	608	638	668	698
	15%	365	395	425	455	485	515	545	575	605	635
	20%	302	332	362	392	422	452	482	512	542	572
	25%	239	269	299	329	359	389	419	449	479	509
	30%	175	205	235	265	295	325	355	385	415	445
	35%	112	142	172	202	232	262	292	322	352	382
	40%	49	79	109	139	169	199	229	259	289	319
	45%	0	15	45	75	105	135	165	195	225	255
	50%	0	0	0	12	42	72	102	132	162	192

2) 調査方法および実施概要

パイロット調査実施内容の詳細は別添 III を参照。以下では概要を記載する。

現地パートナーは、現地で保健、教育、マイクロファイナンス、農業、環境、人権と女性の社会進出、社会起業と多岐に渡る事業を展開し、近年急成長している TMSS という NGO を選定した。SHS の設置台数シェアではまだ 1%程度だが急速にシェアを伸ばしている。

SHS を導入する利用者の選定にあたっては、TMSS のユニットマネージャーが各家庭を訪問し、所有している家財や家庭状況を調査した。そのうえで、所得水準と太陽光パネルのワット数のバランスがとれるように 20W、40W、80W それぞれに適した利用者を 20 世帯選定した。設置後、TMSS の職員が定期的に訪問し毎月月次レポートの提出を受けた。調査団員も 1 ヶ月後、8 ヶ月後と間を開け、設置世帯を訪問し実地でモニタリングを行った。結果、軽量太陽光パネルの動作には問題なく稼働が確認され、現地環境への適合性が確認された。

また、前述したように薄膜・軽量であることにより従来型太陽光パネルを利用した SHS システムに対して付加価値を付けられることが判明した。一方で、薄膜であるがゆえに脆弱性を懸念する声も聞かれ、この点については現在三菱化学と対策を協議中である。

表 5-4: SHS パイロット調査実施概要

項目	内容
現地パートナー	TMSS
調査期間	2012/10～2013/6/30
パイロットサイト	タンガイル、シュナムゴンジ
調査目的	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量太陽光パネル技術の現地環境への適合性検証 ・価格受容度検証 ・BOP層への裨益度合い検証
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・20世帯を選定し所得別に20W、40W、80WのSHSを設置 ・月次レポート及び定期訪問にて、パネルパフォーマンスの測定と利用者へのヒアリング実施 ・調査開始～調査終了に渡り、現地パートナーと設置方法の改善実験を実施 ・開始前・後に設置者及び利用者アンケートを実施し、既存パネルと比較した使用感及び価格受容度を調査

5-2. ソーラー灌漑ポンプ

1) パイロット調査結果

ニーズ調査の結果、需要の大きかったソーラー灌漑ポンプについてパイロット調査を実施した。SHS 同様にニーズ調査から導き出された仮説と、パイロット調査を通じたその検証結果のサマリー表を以下に記載する(表 5-5: ソーラー灌漑ポンプパイロット調査による仮説検証サマリー)。

ニーズ調査の結果、現在主流のディーゼル灌漑ポンプの燃料が高騰しており、零細農家の収支を圧迫している実情が浮き彫りになった。燃料費のかからないソーラー灌漑ポンプへの需要が高まっており、SHS の導入を推進していた IDCOL も近年、ソーラー灌漑ポンプの普及促進プログラムを立ち上げた。従来型の結晶型太陽光パネルを利用したソーラー灌漑ポンプは、設置にあたり農地面積を占有してしまい、さらには農地に大きく影を落とすことがデメリットとして挙げられていた。そこで、三菱化学の軽量太陽光パネルを利用したソーラー灌漑ポンプであれば、簡易な架台で設置が可能であり、農地面積専有問題を解消できるのではないかと期待された。

さらに、ソーラー灌漑ポンプを導入することで、ポンプを保有する農家から灌漑用水を購入する農民にとっては灌漑用水の調達コストが削減され、ポンプを保有する農家にとっては、燃料費がかからない分収入が向上するという仮説がたてられた。

パイロット調査の結果、軽量太陽光パネルならではの付加価値として、着脱・持ち運びが容易であるため、ソーラー灌漑ポンプが必要とされる乾季(11月～5月)以外の期間に他の製品へのパネルの応用が可能であり、農家にとってはさらなる所得向上及び生活の質の向上の機会が得られるとのパートナーNGOからのコメントもあり、従来の結晶型パネルと差別化し競争優位性が確保できるものと考えられる。また、調査期間が短く、実際に農家自

身がポンプを購入し水を販売する段階までは至らなかったものの、パートナーNGO へのパイロットプロジェクトのクロージングセッションにて、将来的な灌漑コストの削減、及びマイクロファイナンススキームを通じ零細農家でもポンプの購入が可能となる旨が確認された。

表 5-5: ソーラー灌漑ポンプパイロット調査による仮説検証サマリー

ニーズ調査の結果(仮説)	パイロット調査(仮説検証)	パイロット実施(仮説検証)結果
<ul style="list-style-type: none"> ■主流であるディーゼルポンプ用の燃料価格が高騰して零細農家の家計を圧迫 ■ソーラーポンプであれば、水の販売単価が下がり、コスト削減効果がある ■零細農家がポンプを所有した場合、収入向上の機会にもなる 	<ul style="list-style-type: none"> ■技術の現地環境への適合性の検証 (性能・輸送・設置負荷を比較) ■価格感応度の検証 ■コスト削減効果の検証 ■MFスキームの適用実現可能性の検証 	<ul style="list-style-type: none"> ■問題なく稼働し技術の適合性を確認 ■ボール式の携帯型設置方法により可搬性を獲得 ■非灌漑期には他の応用製品へ適用が可能。具体的な製品については検討中

上記の結果を踏まえ、SHS 同様、価格感応度についてパートナーNGO へのヒアリングを基に検証を行った。

ポンプの寿命はディーゼル及びソーラーともに平均 15 年であることから、まずはディーゼルポンプを保有する農家から水の購入を続けた場合に 15 年間で支払う灌漑用水コストの総額を試算した。ソーラー灌漑ポンプと性能(汲み上げ流量)が同様であると仮定した場合、この金額以下であれば、利用者はソーラー灌漑ポンプを選ぶことになる。パートナーNGO によると、ソーラー灌漑ポンプはバ国で導入が始まったばかりであるため、これから普及するにつれて価格も下がり、性能も上がっていくとのこと。

感応度検証の結果、ポンプシステム自体の価格が下がることに加え、必要消費電力の低下によっても価格受容度が上がることを確認した。ここで 400 ワットとしているのは、パイロット調査の際、持ち込んだ 800 ワットのうち 400 ワット強の設置が終了した時点でポンプが稼働を始め、必要消費電力が当初想定以下であったことが判明したためである。

今後、零細農家向けのより小型で効率の良いソーラー灌漑ポンプに焦点を当てて、この仮説の検証を行うこととする。

表 5-6: ソーラー灌漑ポンプ用パネル価格感応度検証のための前提条件

ディーゼルポンプにかかる基本条件設定

1ビガあたり灌漑用水コスト(年間)	3,000タカ・現地ヒアリングより
平均的な所有土地面積	5ビガ・現地ヒアリングより
ポンプの耐用年数	15年・現地ヒアリングより
(A) 灌漑用水コスト合計	225,000タカ・15年間でのトータルコスト

ソーラー灌漑ポンプにかかる基本条件設定

ポンプ一式(パネル除く)価格	300,000タカ・パイロットに使用したポンプ
システム価格下落割合	50%・普及後の価格下落度合い(仮定)
(B) 価格下落後のシステム価格	150,000タカ
(C) パネル価格(計)	75,000タカ (A)-(B)
パネルワット数	400W・より小型のポンプを想定(仮定)

価格感応度

軽量太陽光パネルワット単価	188タカ・上記条件下での最大ワット単価
---------------	----------------------

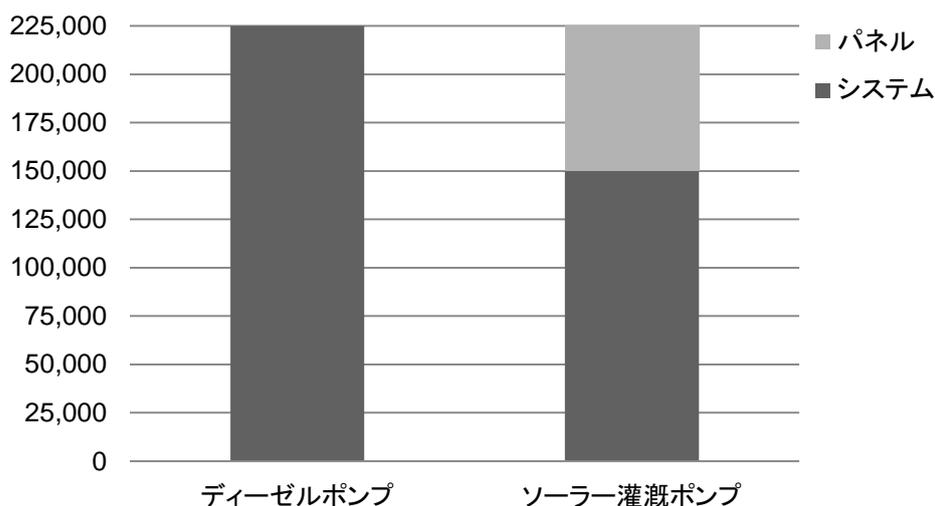


図 5-2: ディーゼルポンプとソーラー灌漑ポンプのコストイメージ

表 5-7: 軽量太陽光パネルワット単価感応度 (ソーラー灌漑ポンプ)

必要ワット数		システム価格の下落度合い									
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
	800W	(56)	(19)	19	56	94	131	169	206	244	281
	700W	(64)	(21)	21	64	107	150	193	236	279	321
	600W	(75)	(25)	25	75	125	175	225	275	325	375
	500W	(90)	(30)	30	90	150	210	270	330	390	450
	400W	(113)	(38)	38	113	188	263	338	413	488	563
	300W	(150)	(50)	50	150	250	350	450	550	650	750
	200W	(225)	(75)	75	225	375	525	675	825	975	1,125
	100W	(450)	(150)	150	450	750	1,050	1,350	1,650	1,950	2,250

単位: タカ

2) 調査方法および実施概要

パイロット調査実施内容の詳細は別添を参照。以下では概要を記載する。

現地パートナーは、複数 NGO を比較検討した結果、SHS と同様 TMSS を選定した。TMSS は小規模農家に裨益する灌漑ポンプを開発中であり、本調査にも非常に関心を示し協力的であった。小型ポンプを対象とするため、地下水位が低く、周囲に通年で灌漑を必要とする一定規模の農地があり、プロモーションの観点から多くの人の目に止まる点を重視してダッカから北西約 230km に位置するボグラの農地を選定した。

設置にあたっては、20 枚のパネルのうち、10 枚は従来の結晶型太陽光パネルと同様、コンクリート製の台の上に金属フレームを使って固定した。一方、残りの 10 枚は、軽量太陽光パネルの特徴である携帯性をもたせるよう、ポールの上に 1 枚ずつパネルを取り付け簡便に設置できるような構造にした。1 枚あたりポールとあわせて計 7kg と軽量である。この方法だと、農地スペースを犠牲にせずソーラー灌漑ポンプを稼働することができる。

稼働に関しては、三菱化学の軽量太陽光パネルの特徴である一日のうちの発電時間が長い点も発揮され、ポンプは順調に稼働しており、現地環境への適合性についても問題ないことが確認された。

向こう一年は灌漑ポンプとして問題なく稼働することを確認し、徐々に対象農地を広げていく予定である。加えて、灌漑期以外の軽量太陽光パネルの応用製品について検討中であり、候補が決定次第 TMSS は試験調査に入りたい意向を示している。

表 5-8: ソーラー灌漑ポンプパイロット調査実施概要

項目	内容
現地パートナー	TMSS
調査期間	2013/4～2013/6
パイロットサイト	ボグラ
調査目的	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量太陽光パネル技術の現地環境への適合性検証 ・価格受容度検証 ・BOP層への裨益度合い検証(所得向上ならびに灌漑用水コスト削減効果)
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・TMSSの所有する用地にパネル及びポンプ設置 ・TMSSの既存顧客へ灌漑用水を試験供与 ・月次レポート及び定期訪問にて、パネルおよびポンプのパフォーマンスを測定 ・パートナーNGOとのディスカッション及び近隣農民へのヒアリングを通じた裨益効果の検証 ・軽量薄膜という特徴を活かした利用方法の検討

5-3. ソーラーふ卵器

1) パイロット調査結果

バ国においてソーラーふ卵器は開発段階であり、市場での販売例はまだ少ないが、ニーズ調査の結果、人口成長が著しい同国における鶏やあひるの市場規模は大きいことが判明した。加えて、農村部では重要な副収入の手段となっていることから、製品の仕様と価格によってはBOP層への裨益効果が高いと判断された。以下はニーズ調査から導き出された仮説と、パイロット調査を通じたその検証結果のサマリー表である。具体的なパイロット調査の詳細は別添 III 参照。

ソーラーふ卵器自体がバ国にとって新技術であるため、雨天が続いた場合の十分なバックアップ電源の確保など、安全サイドで実験した結果、バッテリーやパネル数などシステムが全体的に大きくなった。携帯性や小規模農家への裨益という観点からは、今回の調査では仮説の完全な立証とはいかなかった。しかしながら、ふ卵器が安定稼働し、さらには平均的なふ化率を大きく上回る結果を得たことから、パートナーNGOでは今後システムの小型化に取り組む意向を示している。

表 5-9: ソーラーふ卵器パイロット調査による仮説検証サマリー

ニーズ調査の結果(仮説)	パイロット調査(仮説検証)	パイロット実施(仮説検証)結果
<ul style="list-style-type: none"> ■複数農家で共同購入することでコストが抑えられる ■携帯性をもたせることで、複数農家で使いまわすことができコミュニティ全体の所得が向上する 	<ul style="list-style-type: none"> ■技術の現地環境への適合性の検証 ■携帯性を活かした所得向上機会の創出 	<ul style="list-style-type: none"> ■問題なく稼働し技術の適合性を確認 ■新規技術のため安全性をもたせたためシステムが大きくなった。携帯性や価格面で小規模農家には導入が難しい結果となった ■現在、バッテリー容量等を減らして小型化の実験中

2) 調査方法および実施概要

パイロット調査実施内容の詳細は別添を参照。以下では概要を記載する。

本調査に関しては新規開発の製品であり、専門の技術者集団を有する組織という観点でパートナーを選定した。結果、ニーズ調査の際にヒアリングを行った DJAgro を選定した。

DJAgroはFAOなどの国際機関や政府機関に対して繁殖用の鶏やあひるを提供している民間企業であり、電気技師を含むエンジニアが複数在籍している。

消費電力が42Wのソーラーふ卵器に対し軽量太陽光パネル40ワット10枚(計400ワット)、バッテリーが360Ahと大型のシステム設計とした。これは、新規開発のため安全サイドの設計を選んだ結果である。

パイロット実施期間中は安定的にふ卵器に電気が供給され、22個のうち20個がふ化、ふ化率が90%を上回った。これは通常のふ化率が50%前後と言われている中、それを大幅に上回る良好な結果となった。

今回は屋根に固定する形でパネルを設置したが、DJAgroは今後小型化にあわせて可搬性のシステムを設計する意向を示している。

表 5-10: ソーラーふ卵器パイロット調査実施概要

項目	内容
現地パートナー	DJ Agro Limited
調査期間	2013/5~2013/6
パイロットサイト	ナラヤンゴンジ
調査目的	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量太陽光パネル技術の現地環境への適合性検証 ・価格受容度検証 ・BOP層への裨益度合い検証(所得向上)
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・政府所有の養禽場にて、22羽の卵でふ化実験を実施 ・月次レポート及び定期訪問にて、パネル及びふ卵器のパフォーマンスを測定 ・パートナーNGOとのディスカッションを通じた裨益効果の検証 ・軽量薄膜という特徴を活かしたシステム仕様への改善検討

6. 事業性評価

6-1. 事業の展開可能性について

これまでの調査の結果、バ国農村部の電化は今後も時間を要する見通しであることから、農村部におけるオフグリッドの電力に対する需要は引き続き高いことが想定される。しかしながら、本調査の目的である軽量太陽光パネルに対する需要については、現時点ではその特性を生かした用途は限定的である。理由として、第 4 章に詳述したニーズ調査結果のとおり、バ国の農村部では移動において携帯する電化製品が限られており、多くの電化製品は固定した場所で利用されることから軽量であることの必然性は高くないことが挙げられる。また、太陽光パネルの性質上、大半の用途ではバッテリーに充電して利用するため、太陽光パネルの携帯性が生かし切れないという課題もある。

そのなかで、第 5 章で紹介した 3 つのパイロット調査案件については、取り外しが可能で他の用途にも利用できるという点で従来型太陽光パネルとの差別化を図ることが可能であり、これらの用途については一定の市場を見出すことができる。パイロット調査の結果から、SHS については壁掛けで取り外しが可能なタイプにすることで差別化を図り、さらに架台の簡素化や設置時間の短縮によりシステム価格全体として従来型のものよりも安価にできる可能性がある。ソーラー灌漑ポンプについては日中のみ稼働すればよいためバッテリーが不要であり、かつパネルのみを移動して複数のポンプを稼働させられるため、小規模農家が購入可能なシステムサイズを実現できれば可搬性が生かせる用途として有望である。ソーラーふ卵器については、現時点ではその可搬性を生かせる仕様でないため、消費電力を下げることでシステムサイズを小さくする技術的な改良が必要である。

本章では、現段階で製品化の可能性が高い SHS およびソーラー灌漑ポンプの 2 つの案件について、ニーズ調査およびパイロット調査で推定した市場規模および価格データを利用して、バ国における輸入販売および現地での工場設立による組立販売の可能性を検証する。

6-2. 想定される進出形態

1) 分析のアプローチ

本章では、三菱化学が開発中の有機薄膜太陽光パネルのバ国における潜在的な販売数量および販売単価を設定し、現地組立、完成品輸入の 2 つの進出パターンについて収益性を分析する。本調査時点では有機薄膜太陽光パネルは開発段階にあるため、原価については明確な数値を提示することができない。従い、まずバ国における販売数量および販売単価を推定し、そのうえで国内工場出荷時の原価を設定した場合の収益性を分析する。2 つの進出パターンの収益性比較においては、事業期間を 10 年間とした場合のキャッシュフローを試算する。事業期間については、事業性評価を行う際に一般的に使用される期間であり、太陽光パネルのように市場環境の変動が激しい業界において事業環境を予測できる限度として 10 年間を設定している。なお、現地組立に要するコストについてはすでに市場で販売さ

れているアモルファス型太陽光パネルの製造コストを適用し、人件費等については現地価格を適用する。

実際の現地進出においては農村部のみならず都市部の需要を含めた全体の市場規模を計算する必要があるが、本調査では農村部の需要のみを対象にしたため、収益性分析においてはあくまで農村部における需要を算出基準とする。また、農村部の市場規模については本調査でパイロット調査を実施した3案件のうち現段階で製品化の可能性が高いSHSおよびソーラー灌漑ポンプの2つの案件のみを対象として算出する。ニーズ調査の結果、これらの案件以外にも潜在的な需要が高い応用製品が複数抽出されたが、今回の調査では市場規模の算出に必要なデータの収集までは至らなかったため、市場規模の対象外とする。

2) 進出形態の検討

有機薄膜太陽光パネルの生産工程においては、パネル本体の生産、組立（パネル本体とジャンクションボックス、ケーブルの接続）があり、どの段階から現地で実施するかを決定する必要がある。パネル本体の生産については高度な生産管理技術と多額の設備投資が必要となるため、現時点でバ国においてそのような生産を行うことは現実的ではない。一方、組立については大規模な設備投資は不要で、かつそれほど高度な技術を要しないため、バ国において技術移転を行えば実現可能であると考えられる。また、その他の進出形態として完成品を輸入することも考えられる。その場合、設備投資は一切不要のため当面の進出形態としては実現可能性が高い。ただし、本調査の過程で最終製品に高関税がかけられる可能性がある。輸入による関税を含めた最終製品価格と現地組立による最終製品価格を比較し、収益性を比較する。

表 6-1: 進出形態別の設備投資と実現可能性の比較

工程	設備投資	実現可能性
パネルの生産	大	高度な生産管理技術と多額の設備投資が必要となるため、現実的でない
組立	小	設備投資は最低限でよく、技術移転も比較的容易
最終製品	不要	高関税となるため、販売価格が高くなる

6-3. 市場規模の推定

1) 販売単価の設定

前章の仮説検証では有機薄膜太陽光パネルのワットあたり単価の上限は応用製品の用途により188タカから548タカまでと幅広い結果を得ていることから、実際の販売価格はこの価格レンジの間に落ち着くことが想定される。一方、本調査では有機薄膜太陽光パネルの利点を生かせることを検証するためのパイロット製品を製作したものの、時間的制約により販売は実施していないため、前述の単価については、様々な改良点を実現し製品として有機薄膜太陽光パネルの利点が最大限に生かされる仕様となることを前提とした数値であ

る。従い、本章ではバ国において主要な用途であり市場規模も最も大きいと想定される SHS のパイロット調査で得た 548 タカを最終販売価格として設定し、同価格を各応用製品に当てはめた場合に見込まれる需要を推定し、全体としての想定売上高を算出する。なお、以降は理解を容易にするためドル表記とする。

2) 市場規模の算出方法

農村部における各応用製品の潜在的な市場規模を算定し、販売数量を推定した。ただし、各図はスケールが異なる点に注意。

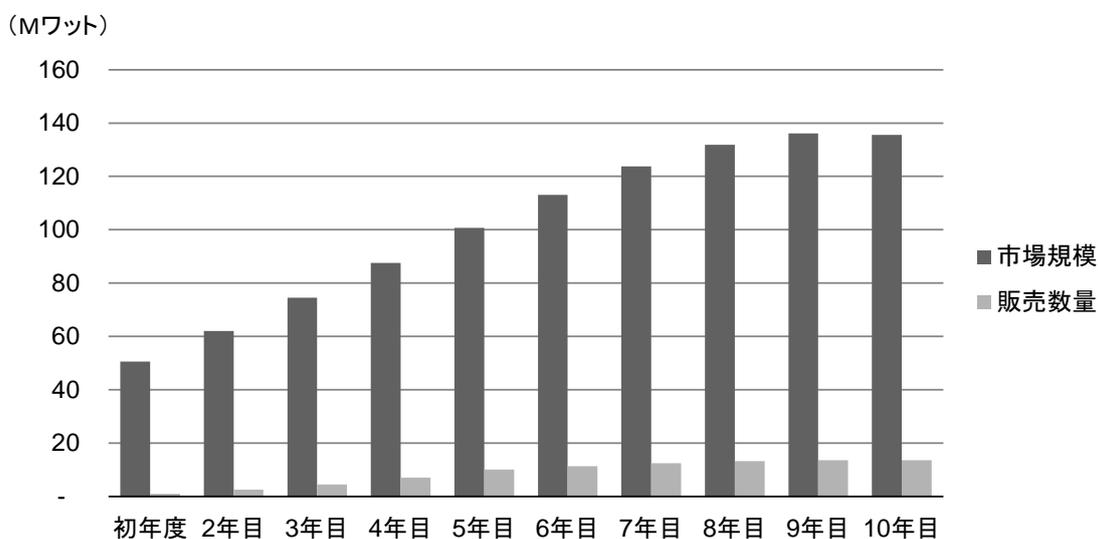


図 6-1: SHS の市場規模と販売数量

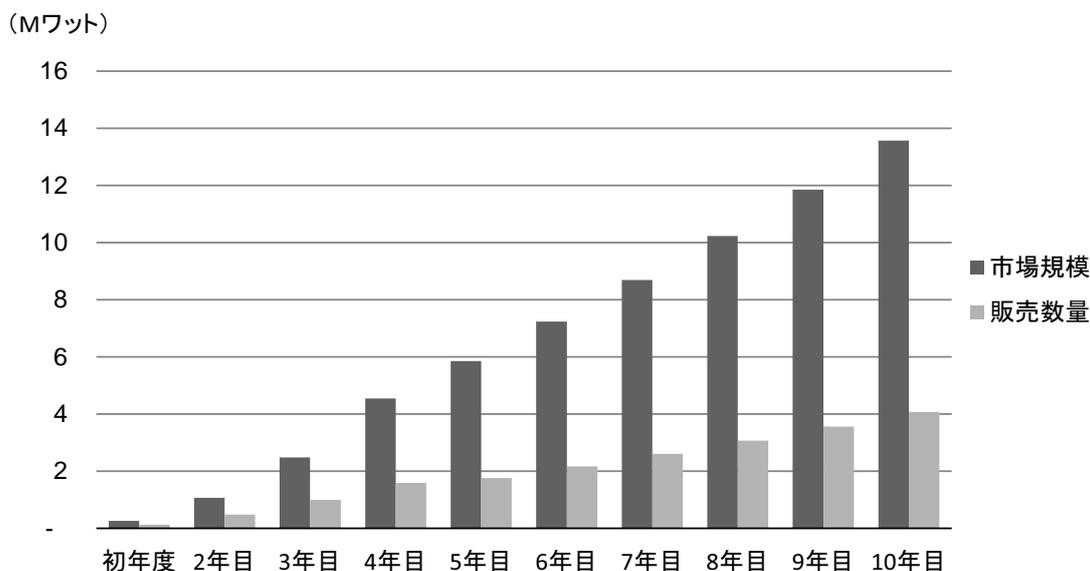


図 6-2: ソーラー灌漑ポンプの市場規模と販売数量

応用製品ごとの市場規模の考え方は表 6-2 のとおりである。SHS については、1997 年の導入開始以降急激に成長し、2003 年には年率 400%を超える成長率を達成した。それ以降は概ね 160%前後の成長率で安定的に推移しており、農村部の電化率の低迷を背景として今後も引き続き成長が期待される。有機薄膜太陽光パネルの市場シェアについては販売価格に大きく左右されるため予測が難しいが、一般的に市場が成熟するにつれて業者の数は減少し、生き残るためには 10-15%程度のシェアが必要とされるため、最終的には 10%のシェアを見込むこととする。

ソーラー灌漑ポンプについては、バ国におけるディーゼルオイルの価格高騰を受けて IDCOL がソーラー灌漑ポンプの普及促進プログラムを立ち上げるなど、政府の政策面の後押しもあり、今後飛躍的に需要が高まることが予想される。市場規模の算定においては、ディーゼルエンジンを使用して灌漑サービスを提供する業者数を市場全体とする。パイロット調査の結果、ソーラー灌漑ポンプはディーゼルエンジンと比較して費用対効果が高いことが確認できているため、ワット数ベースで少なくとも 50%はソーラー灌漑ポンプに転換されると仮定する。さらに、当初は政府が補助金の対象として想定する 8kW 前後の大規模ソーラーポンプの導入が主流となるが、中期的には小規模農家が共同で購入できる小規模ソーラー灌漑ポンプの導入が進むと考えられる。その割合としてはワット数ベースでソーラー灌漑ポンプ全体の 20%程度を見込む。市場シェアについては、当初は主要な競合がないため 50%のシェアを獲得すると想定される。市場性があると判断される場合には競合が参入するため徐々にシェアは低下するが、早期参入によりブランドの浸透が進んでいるため 30%のシェアは維持できるものとする。

表 6-2: 応用製品ごとの市場規模の考え方

応用製品	市場の成長性	市場規模の算出方法	市場シェア
SHS	・2012年までの5年間は年率約160%で成長しており、今後成長率は低下するものの引き続き需要は高い	・販売数量の初期設定: ・1997年-2011年の5年間の市場成長率とパネルサイズ(20W~85W)の販売割合から今後10年間の市場成長率を予測 ・2011年末時点の実績値に各年の市場成長率を乗算して算出	・市場シェアは段階的に拡大が期待されるため4年目までは2%ずつ増加し、5年目以降は10%を維持
ソーラー灌漑ポンプ	・今後のソーラー灌漑ポンプへの需要は飛躍的に高まると予想。さらに、現在は販売されていない小規模ソーラーポンプへの需要も高まることが期待される	・販売数量の初期設定: ・バ国の既存のディーゼルポンプの台数をもとに算出。今後ディーゼルポンプの小規模、大規模ソーラーポンプへの置き換えが段階的に進み、30%まで転換されると想定 ・さらに、ソーラーポンプに占める小規模ポンプのシェアは段階的に増え、ワット数ベースで20%に達すると想定(400Wを想定)	・当初は競合がないため初年度は50%のシェアを獲得。以降5年目までにシェアは低下するも30%を維持するよう設定

3) 売上高の推定

上記の市場規模に販売単価の 6.80 ドル (約 548 タカ) をかけた売上高の推計は以下のとおり。実際には有機薄膜太陽光パネルの世界的な需要が高まれば生産ラインの稼働率は高まり、その結果価格についても下落することが考えられるが、現時点で価格下落率を予測することは難しいため、価格については 10 年間一定であると仮定した。

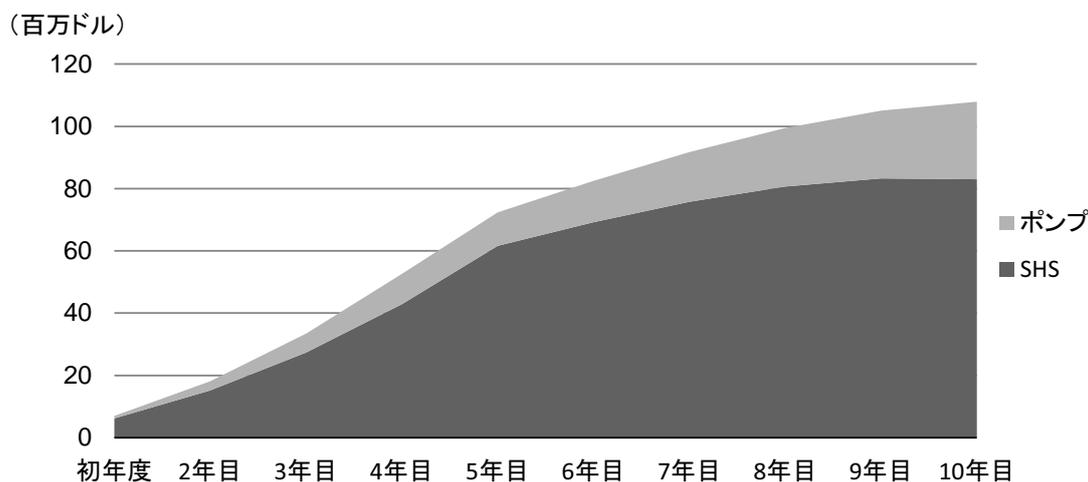


図 6-3: 農村部における売上高の推定

6-4. 収益性分析

1) 比較のポイント

現地組立と完成品輸入の違いは関税率、設備投資、組立コストの 3 点である。まず、輸入

関税について、有機薄膜太陽光パネルは従来型太陽光パネルと異なり完成品にジャンクションボックス、ケーブルが装着された状態で輸入するため、本来 5%のところ 29%の輸入関税が適用される可能性がある。次に、設備投資について、現地組立の場合は組立工場の設立が必要となる。最後に、組立コストについて、現地組立の場合は固定比率に応じて変動するため、生産量の増加に伴い組立コストは逡減し、スケールメリットが得られる。

表 6-3: 比較のポイント

	現地組立	完成品輸入
設備投資	・土地(レンタル)、工場、設備	・なし
関税率	5%	29%
組立コスト	・生産量に応じて変動 ・生産量12メガワット (1工場あたり最大生産量)で約0.17ドル	・生産量に関わらず一定(生産量全体に占めるバ国向け輸出の割合は非常に小さいため、コストには影響を与えないと仮定) ・生産量12メガワットで約0.42ドル

2) 費用の設定

以下は完成品輸入と現地組立それぞれについて、1 ワットあたりの販売価格を 6.80 ドル (548 タカ) に設定した場合の費用内訳である。これらの数値を算出する際には、複数の前提をおき、なおかつ計算を単純化しているため、必ずしも後述の収益性分析のデータとは一致しない。また、数値についてはあくまで概案であり、参考値である点に注意が必要である。まず、完成品輸入の場合の工場出荷原価についてはアモルファス型太陽光パネルの実績を基に設定し、輸送コスト、国内輸送コストについてはパイロット調査時のサンプルパネル輸入時の費用を加工して適用した。通関コストについては工場出荷原価に対して 29% の関税を適用した。その結果、完成品輸入についてはパネル製造会社のマージンがマイナスとなり、事業として成立しない。主な要因は 29% という高い関税率であるが、先述したとおり、必ずしもここで想定した関税率が適用されるとは限らないため、仮に関税率が 5% である場合にはわずかながら利益が出る可能性がある。しかしながら、所与の条件化では事業化は難しいと考えられる。

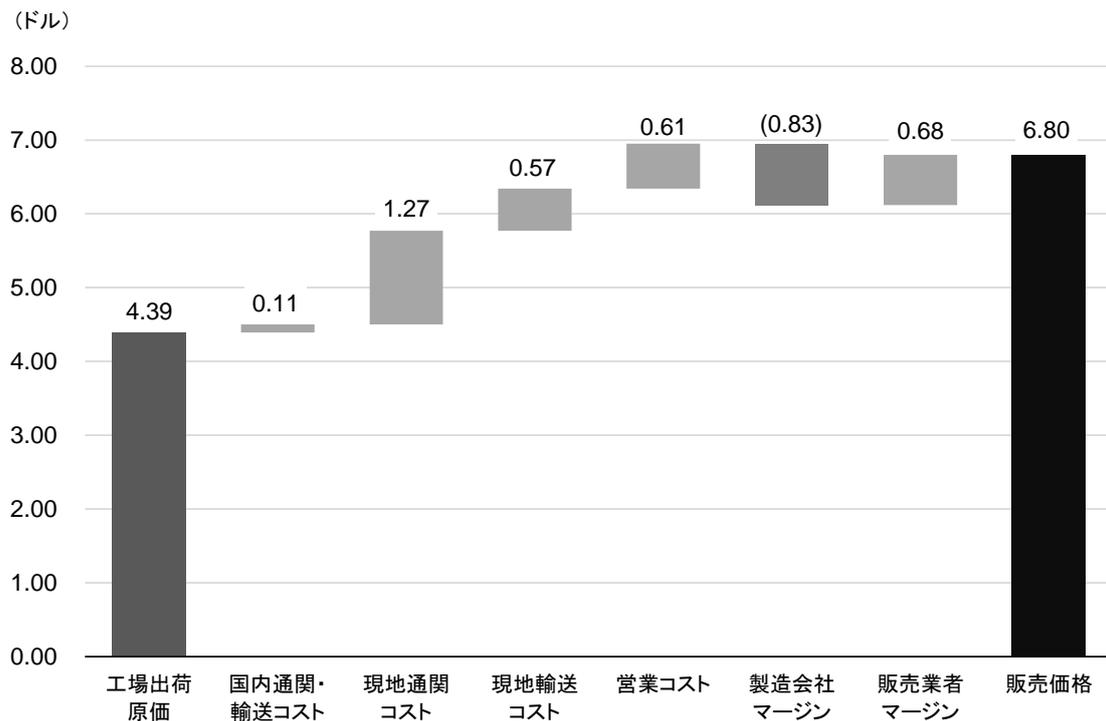


図 6-4: 完成品輸入の場合の1ワットあたり費用内訳

次に、現地組立の場合について同様の計算を行った。組立前の製品の工場出荷原価については、アモルファスシリコン型太陽光パネルの数値を流用した。関税はパネルとジャンクションボックス、ケーブルを別々に輸入するため、工場出荷原価の5%に設定した。組立コストについては固定費(減価償却費を含む)が生産量に応じて変動するため、12メガワットの生産能力を持つ工場あたりの生産量が最大時の費用を適用した。その他については完成品輸入と同様の条件である。その結果、1ワットあたりの営業利益は0.50ドルとなり、現地組立による事業での利益が一定程度見込めることが明らかとなった。収益性についてより詳しく分析するため、以降では現地組立による事業のキャッシュフローを計算する。

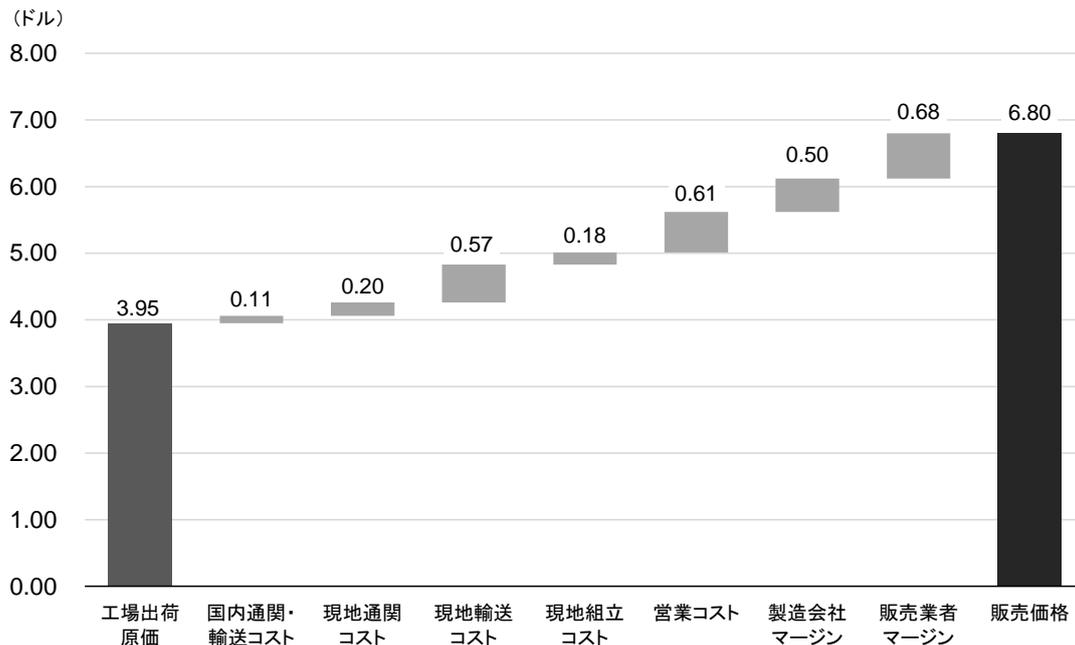


図 6-5: 現地組立の場合の 1 ワットあたり費用内訳

3) 収益性比較

事業期間を 10 年間とした場合のキャッシュフローは以下のとおりである。工場は年産 12MW とし、市場の需要量に応じて 3 年目に同規模の工場を 1 棟増設する設計としている。建屋および設備については日本のアモルファスシリコン型太陽光パネル工場の数値を流用し、土地、工場建設費、水道光熱費、人件費は現地の生産調査で得た数値を適用した。その結果、10 年目のフリーキャッシュフローは 8,358 千ドルとなった。初年度と 3 年目が大幅に赤字となるのは工場の設備投資によるものである。上記のキャッシュフローを現在価値で計算すると 2,107 千ドルとなる。初期投資コストは日本国内で調達するものとし、市場金利は 5% に設定した。

以上から、現地組立を行う場合は関税が低く抑えられること、また現地に組立工場を設立した場合には組立コストが抑制できることから、一定の条件下においては完成品輸入よりも現地組立のほうが事業化の見込みは高いと言える。しかしながら、試算結果はあくまで概算値であり、前提条件に含まれていない費用もあることを合わせて考えれば、現地に組立工場を建設することによる事業性は低いと言わざるを得ない。また、今回使用した工場出荷時原価はあくまで仮定の数値であり、実際にこの価格が実現できるかどうかは今後順調に開発が進み、量産体制が実現できるか否かに依存する。

今後、現地での組立工場設立を検討する際には、国内工場での大量生産の実現による出荷原価の低減、製品の付加価値向上による販売単価の向上が前提条件になると考えられる。

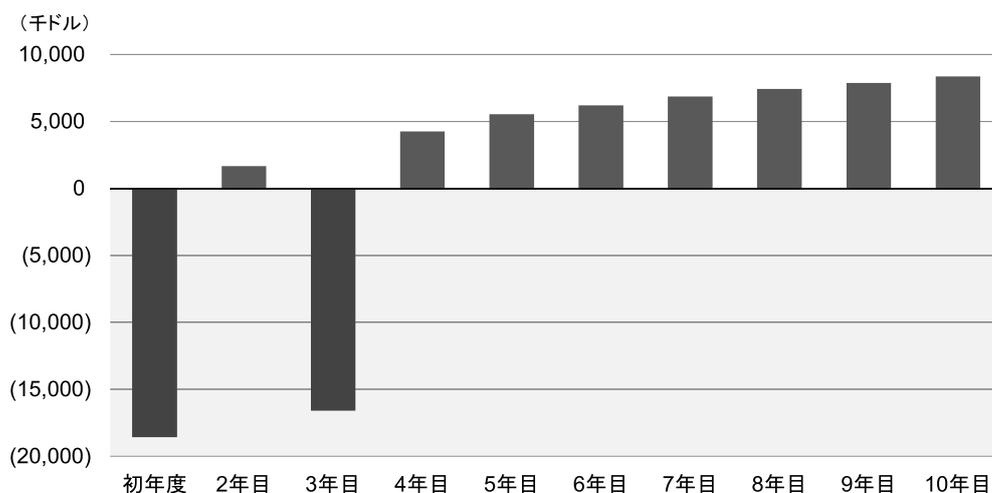


図 6-6: 現地組立のフリーキャッシュフロー

表 6-4: 現地組立のキャッシュフローサマリー

	(単位: 千ドル)									
	初年度	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
営業CF	904	1,677	2,885	4,260	5,538	6,215	6,864	7,437	7,882	8,358
投資CF	(19,476)	-	(19,476)	-	-	-	-	-	-	-
フリーCF	(18,572)	1,677	(16,591)	4,260	5,538	6,215	6,864	7,437	7,882	8,358

4) 考慮すべき変動要因

(a) 製造単価

バ国での事業性確保のためには、有機薄膜の大量生産により製造単価を大幅に引き下げることが最も重要な前提条件となる。バ国における太陽光パネルの単価は 1 ワットあたりおよそ 1 ドルであるが、今後さらに低下する可能性も否定できないことから、競合他社の価格戦略ならびに三菱化学の量産化に向けた開発スピードがバ国市場における優位性を左右する。

(b) 輸入関税

太陽光パネル自体の輸入関税は 5%であるが、三菱化学の有機薄膜パネルはこれまでにない新しいタイプであることからどの品目が適用されるか明確でない。収益性分析ではジャンクションボックス、ケーブルを装着した状態で輸入すると「その他」に分類されるとしているが、実際に分類される輸入品目は異なる可能性もある。

表 6-5: 太陽光パネルにかかる輸入関税率

HSコード	品目	CD	SD	VAT	AIT	RD	ATV	EXD
85414010	Photovoltaic cells, whether or not assembled in modules or made up into panels	0.00%	0.00%	0.00%	5.00%	0.00%	0.00%	0.00%
85414090	Other (excl. photovoltaic cell)	5.00%	0.00%	15.00%	5.00%	0.00%	4.00%	0.00%

(c) 国内政策

エネルギー需給の逼迫を受けて、バ国政府は前述した IDCOL を始め再生可能エネルギー関連技術の普及を後押しする姿勢を打ち出しているほか、バングラデシュエネルギー規制委員会 (BERC) は固定価格買取制度 (Feed-in Tariff (FIT))²の検討を開始している。2013 年 8 月現在具体的な話合いはまだなされていないが、これにより再生エネルギーに対する国内需要は大幅に増加する可能性もある。逆に、バ国政府が進めている各種政策 (原子力発電所の建設計画など) により供給が大幅に改善することも考えられる。

(d) 域内関税

将来的に輸出を見込む場合、域内関税の動向により輸出コストおよび輸入コストが変動する。例えば 2006 年 1 月に発効した南アジア自由貿易地域 (SAFTA) 枠組み協定では、インドおよびパキスタンは 2006 年 1 月 1 日から 2007 年末までに域内関税率を 20%以下に引き下げ、2012 年末までに 5%以下に引き下げることで合意している。また、バングラデシュを含む 4 カ国は 2006 年 1 月 1 日から 2007 年末までに関税率を 30%以下に引き下げ、2016 年末までに 5%以下に引き下げることで合意している。将来的に域内関税率が下がればインドやスリランカ、ネパール等、バ国と同様にエネルギー需要が高まる周辺国への輸出も期待できる。

5) 事業化へ向けて

以上、今回の調査で得られた情報を基に、収益性を試算した。事業化の経営判断には、今回の調査結果に加えて、更に精緻なシミュレーションが必要となる。例えば、有機薄膜太陽光パネルの製造原価が確定すれば、都市部の需要予測を実施してバ国全体の需要予測する、バ国内での組み立て/生産と販売とするか、第三国への輸出も視野に入れるか、市場投入時点での既存技術の市場充足率を再確認、市場充足と競争が進化すると市場価格の変動も予想される、バ国への進出の大きな障壁になっている関税が改善されるか否かも重要な外部要因の一つ、などである。

6-5. ビジネスモデル

三菱化学は、これまでに培った有機合成技術、有機半導体技術を生かし、有機薄膜太陽光パネルとして変換効率で世界最高水準を誇る製品を開発するなど、同分野においては現在世界トップの技術を有している。また、持株会社の三菱ケミカルホールディングスは世界第 6 位の化学企業 (2012 年末時点、売上高ベース) としての事業規模を生かし、大規模な研究開発費と設備投資を必要とする有機薄膜太陽光パネルの量産を実現するだけの経営体力を有している。これらの経営資源を生かして、有機薄膜太陽光パネルを他社に先駆けて

² 固定価格買取制度 (Feed-in Tariff(FIT)) とは、再生可能エネルギーで発電された電気を地域電力会社が一定価格で買い取ることを国が約束する制度。日本では 2012 年 7 月より導入 [経済産業省 資源エネルギー庁, 2013]。

量産化し、世界市場で販売していく予定である。バ国においては、その技術的優位性を以て他社製品との差別化を図り、従来型太陽光パネルでは対応できない電力ニーズに応えることで市場を開拓する。また、日本の技術に対する現地の強い信頼を生かして三菱化学ブランドを確立し、低価格競争に巻き込まれない独自の地位を確立することを目指す。

SHS やソーラー灌漑ポンプの販売初期においては、まだこれら製品の生産体制が発展段階のため顧客層は農村部の富裕層もしくは中間層が対象となるが、製品仕様を改良し、製品品質や設置効率を改善することでシステム価格を抑えた製品とし、段階的に **BOP** 層への販売を可能とする。農村部における付加価値は都市部とは異なり、可搬性を生かして多様な用途に利用できるという、より実質的な利便性を提供する。流通においてはローカル **NGO** とのパートナーシップにより遠隔地まで製品が届く仕組みを構築する。また、マイクロファイナンスと組み合わせた販売を行い、一回あたりの支払い単価を引き下げることで最終的な対象顧客である **BOP** 層が購入可能な製品とする。

7. 開発効果

7-1. 開発効果サマリー

本調査を通じ、オフグリッドの電化を新しい技術が推進することで、バ国農村部の生活者の生活の質の向上をもたらすことが確認できた。例えば、労働時間の延長や所得源の多様化による所得の向上などである。

このことから、日本発の新しい技術である有機薄膜太陽光パネルが、バ国全体の所得水準の向上、教育水準の向上、生活の質の向上、農業・農村開発と農業生産性の向上にも寄与することが期待される。

以下では、今回パイロット調査にて実証を行った 3 つの案件について、現地生活者の生活をどのように向上させるかを検証した。尚、前述したように有機薄膜太陽光パネルは開発中の製品であり、本調査ではアモルファスの軽量太陽光パネルを使用して調査を実施したため、以下の考察では軽量太陽光パネルについて記述している。

7-2. SHS

1) 軽量太陽光パネルがもたらすメリット

SHS を設置した際の TMSS へのヒアリング結果から、三菱化学が開発する薄型で軽量、フレキシブルな太陽光パネルは、従来型太陽光パネルと比較した際に以下のような利点を有することが明らかとなった。

- 道路状況が悪い僻地への運搬が容易
- 架台やポールが簡易化できるため、設置コストを削減できる
- 屋根だけでなく、様々な場所への設置が可能

バ国の農村部では幹線道路以外の道路は舗装されていないことが多く、雨上がりには SHS の機器をリキシャや手で運ばなければならないことも多い。このため、従来型太陽光パネルについてはサイズが大きくなると一人では運搬が難しくなるが、軽量太陽光パネルであればロール状にして容易に持ち運ぶことが可能であるため、これまで設置できなかった地域、世帯でも導入が可能となることが想定される。また、パイロット調査においては設置方法を改善する過程で鉄のフレームを最小限に減らしたり、屋根への設置が困難な場合に地面に埋めて使用する鉄のパイプを竹製にするなど、今後の改善に伴い従来型太陽光パネルよりも設置コストを削減できる余地があることが確認できた。さらに、現在検討を進めている屋根以外への設置についても大きな可能性を持つ。例えば、簡易な架台を付けた軽量太陽光パネルを中庭に置いたり、物干し竿に吊るし、夜間は家の中に収納するなどの方法を実現できれば、災害時にも紛失することなく利用できるため、利便性が向上することが想定される。

以上のように、軽量太陽光パネルは従来の SHS 設置コストを削減し、これまでにない新しい市場を開拓する可能性を持つことから、バ国での導入により農村部の電化を推進する大

きな推進力になりうると考えられる。以降では、SHS の普及が促進されることによりそれぞれの市場関係者、とりわけ利用者にどのようなインパクトをもたらすかを検証する。

2) 利用者へのインパクト

SHS を導入した利用者に対しては大きな開発効果が期待できる。まず、無電化村では夜間の灯りにはケロシンランプが使われており、オイルが燃えて出てくる煤を吸い込むことで健康を害する事が問題視されている。SHS 導入でケロシンランプより明るい電灯が点灯することで煤の危険から解放される。加えて、子供達が夜間勉強することが可能になる。勉強して学力をつけ、よりレベルの高い就職機会を得ることができる。軽量太陽光パネルは設置方法によってはこれまで設置できなかった箇所にも設置が可能となる。家屋の壁面に貼付けたり、カレンダーやポスターのように吊るして使うこともできる。また、デザインが優れているので普及が一段と加速することが予想される。もう一点、設置に必要な柱、架台などの備品も軽量化できる。例えば竹を柱に使用すれば設置コストを大幅に下げることが可能になり、利用者の経済的負担が軽減される効果がある。

3) 設置者へのインパクト

従来型の結晶シリコンの太陽光パネルは比較的重く固い。表面にガラスがあり割れると危険である。一方、軽量太陽光パネルは軽く、フレキシブルなので持ち運びやすい。この特性を考えると、SHS として設置する際の設置者に対する開発効果が期待された。

設置した後に現地でヒアリングしたところ、軽いので楽に持ち運べる点は大いに歓迎された。通常、従来型太陽光パネルを背負って梯子を上って屋根に上がっていた。よろけて転落する危険、パネルを落として破損してしまう危険、周囲の人にけがをさせてしまう危険を感じて作業していた。しかし、軽量太陽光パネルの場合は先に屋根に上り、紐で軽量太陽光パネルを釣り上げる事も可能となった。作業の安全性は確実に向上した。ただし、フレキシブルとはいえ、形が付くほど強く折り曲げると内部の配線が断線して発電効率が低下する。そのため取り扱いには慎重にする必要があり作業が煩雑になった面もあった。しかし、新しい技術のため、取り扱いや設置作業にはトレーニングを要する。トレーニングにより一旦要領を習得すると設置技術が向上し、普及に貢献できる。

4) 輸送者へのインパクト

従来型太陽光パネルと比べて軽く、またフレキシブルなので壊れにくく輸送の効率性を向上させる効果が期待できる。実際に、パネル設置の場面に密着して輸送時の効果を観察した。通常、オフィスからは車でパネル及び必要部品をまとめて運ぶ。その際、軽量太陽光パネルであれば、軽量・薄膜という特徴を活かし、一度に多くの枚数を運ぶことができる。また、筒状に巻くことができるため、コンパクトに持ち運ぶことも可能である。さらに、目標の家屋付近になると道が悪く、細くなり車での輸送が困難になる。その場合は荷台のついたリキシャに乗せて輸送することになり、軽量であるメリットが大きくなる。

5) バ国の開発課題への貢献

軽量太陽光パネルの導入により SHS の普及が進み、農村部の電化が促進することで期待さ

れる開発効果は主に以下の3点である。

■ 所得の向上

SHS 設置後に回収した利用者アンケート（一部地域のみ回収済み）で多く寄せられた回答に、「夜間に家事をすることができるようになった」「昼間の時間に他の作業ができるようになった」というものがある。これは照明がない家庭では夜間に家事ができないため、日中の働ける時間帯に家事をせざるを得ないということである。多くの農村世帯がこのような状況にあることから、SHS の普及により労働に費やす時間が増え、結果として農村の所得が向上することが期待される。

■ 教育水準の向上

バ国の子供たちは学校に通うだけでなく家事の担い手でもあるため、貧しい家庭であればあるほど日中は十分な学習時間が確保できていないことが想定される。夜間に照明があれば必要な学習時間が確保できるため、SHS の普及は農村部の教育水準の向上にも貢献する。

■ 生活の質の向上

すでに述べたとおり、無電化農村で一般的に夜間照明として使用されるケロシンは健康を害する深刻な問題となっている。SHS への転換は農村部の人々の健康を守るために非常に有効な手段である。また、農村部では夜間に家畜や農作物が盗難されるケースが後を絶たないが、利用者アンケートでは玄関口に照明を設置することでそのような心配がなくなったとの回答も寄せられている。

第6章にて試算した市場規模に基づき SHS の導入件数を見積もると、5年後に113万世帯、10年後に150万世帯に導入される。1世帯の平均人数は5人程度なので5年後は565万人、10年後は750万人に裨益効果があるという予想になった。これらの人数の中には夜間勉強をする子供、夜間の労働で所得向上する大人が含まれる。またケロシンの煤の出ない環境で過ごせることは子供大人を問わず人々の健康を守ることに貢献することになる。

7-3. ソーラー灌漑ポンプ

1) 軽量太陽光パネルがもたらすメリット

パイロットプロジェクトを通じた TMSS 及び顧客農民へのヒアリング結果から、軽量太陽光パネルは、従来型太陽光パネルと比較した際に以下のような利点を有することが明らかとなった。

- 軽量のため、持ち運びが容易であるため、非灌漑期（一般的には5月～11月）には他製品に応用可能
- 架台等が簡易化でき、設置コストが削減できる
- 災害時の脱着が容易

バ国では、ソーラー灌漑ポンプの導入が進められているが、現在主流の結晶型パネルの設

置にあたっては、レンガとコンクリートで土台を作り、その上に太陽光パネルをアルミフレームで固定設置している。この設置方法では、強度は確保できるものの、一度設置すると簡単に取り外すことは困難であり、用途は灌漑ポンプに限られる。

一方、軽量太陽光パネルの場合、鉄製のポールの先にパネルをとりつけ、地中に埋め込む土台もポールを埋め込むための簡易なもので済む。

そのため、ソーラー灌漑ポンプが必要な乾季を過ぎた6月～10月の間はSHSや脱穀機など他の製品への電力供給のためにパネルを利用することができる。そのため、ソーラー灌漑ポンプを保有している農民にとっては、非灌漑期にも複数収入源の確保や生活の質の向上が見込まれる。本プロジェクトに関しては、まずはソーラー灌漑ポンプが向こう1年ほど問題なく稼働することを確認し、そのうえで他の製品への応用を試みる。



従来の固定型設置方法



軽量太陽光パネルの特徴を活かした携帯型設置方法



ポールの設置土台。設置所要時間は約2分



パネル運搬イメージ。7kgと非常に軽量

2) 小規模農家へのインパクト

現在、灌漑用水の調達に関しては、ディーゼルポンプを保有する小規模農家（ウォーターセラー）が近隣の零細農家へ灌漑用水を販売している。近年ディーゼル燃料の価格が高騰

しており、零細農家にとっては灌漑コストの上昇、ウォーターセラーにとってはディーゼルポンプのメンテナンスコストの上昇が問題となっている。

ディーゼルポンプを所有する小規模農家がソーラー灌漑ポンプへ買い替え、水の販売を行った場合に得られる便益について、現地 NGO 及びソーラー灌漑ポンプ業者へのヒアリングに基づき試算した。

バ国の地元住民にヒアリングを行ったところ、年間に支払う灌漑用水のコストは1ビガ(1/3エーカー)あたり3,000タカとのことであった。バ国においては、全農場の96%は5エーカー未満の小規模農場である [Information Brief Oksana Nagayets, 2005]。うち、1日1ドル以下で暮らす最貧困層に至っては1エーカー未満の農場にて農業を営んでいるともいわれている。ここでは1農家あたりの所有農場面積を10ビガ(3エーカー強)と仮定し、年間の灌漑用水コストを30,000タカ(3,000タカ x 10ビガ)とする。このコストを灌漑ポンプ導入後の水の販売価格とし、ポンプの寿命を15年とすると、1台あたりの収益は、30,000タカ/年 x 15年 = 4,500,000タカとなる。一方、コストについては、購入初期にかかるもの、ならびに使用期間中(耐用年数である15年と仮定)のメンテナンス関連費用を合算し、一年あたりにならした平均値を使用している(表7-1: ソーラー灌漑ポンプ導入後の収支予測)。

試算の結果、ソーラー灌漑ポンプを導入した小規模農家は年間26万タカ程度の追加利益を得られることとなる。バ国の中間所得層の年間収入が20万タカ程度と言われていることを鑑みると、大きな収入源となりうることが期待される。また、軽量薄膜の利点を活かし、非灌漑期には灌漑ポンプ以外の製品に使用できるため、さらなる所得向上や生活向上に貢献する可能性を秘めている。具体的な製品についてはまだ詳細な調査を行っていないものの、現時点では、脱穀機やSHSなどが候補としてあがっている。

なお、現在普及しているディーゼルポンプの燃料コストは2013年4月時点で1リットルあたり約85タカである。3年前の約35タカと比べると2倍以上に高騰しており、今後も上昇が予想される。加えて、現地のNGOによると、ディーゼルポンプ自体の価格も上昇傾向にあるとのことであった。これらを加味すれば農家が支払う灌漑用水のコストは今後さらに上昇する可能性が高く、ソーラー灌漑ポンプの入り込む余地は大きいと考える。

表 7-1: ソーラー灌漑ポンプ導入後の収支予測

試算の前提条件		
収益	隣人農家への水販売から得られる収益(1年あたり)	300,000 タカ
	1農家への販売から得られる収入	30,000 タカ
	1ビガあたりの販売水単価	3,000 タカ
	販売先ターゲット1農家あたりの平均所有農地面積	10 ビガ
	年間の販売可能農家先数	10 農家
費用	ソーラー灌漑ポンプ導入にかかるコスト(1年あたり)	39,055 タカ
	ポンプシステム一式(パネル除く。普及により価格1/2まで下落を仮定)	145,819 タカ
	ワットあたり太陽光パネル価格(既存パネルと同程度と仮定)	100 タカ
	使用期間中のメンテナンスコスト(警備費用、その他人件費含む)	360,000 BDT
	必要パネルワット数	800 W
	ポンプ耐用年数	15 年

(単位: タカ)

1農家あたりの収支予測	Y1	Y2	Y3	...	Y14	Y15	Total
水販売による収入	300,000	300,000	300,000		300,000	300,000	4,500,000
コスト	39,055	39,055	39,055		39,055	39,055	585,819
利益	260,945	260,945	260,945		260,945	260,945	3,914,182

3) 零細農家へのインパクト

現在、ディーゼルポンプを保有するウォーターセラーから灌漑用水を購入して農業を営んでいる零細農家にとって、近年の燃料費の高騰（灌漑用水の高騰）は死活問題である。灌漑用水の購入先であるウォーターセラーがソーラー灌漑ポンプに切り替えた場合、水の販売単価が下がり、零細農家にとっては灌漑コスト負担が軽減される。

具体的な販売単価は地域等の各種条件によって異なるものの、パイロットプロジェクト近郊でソーラー灌漑ポンプを導入している地域の周辺農民にヒアリングを行ったところ、1ビガあたり（1ビガは1/3エーカー）約1,300タカで灌漑用水が販売されているとのこと。現在のディーゼルポンプを使用したウォーターセラーからの購入単価1ビガあたり約3,000タカと比して半額以下になっている。

また、年間の所得が10万タカ前後の零細農家は、単独ではポンプの導入が難しい。パートナーNGOと議論し、零細農家同士でグループを組み共同購入を行うのが良いという結論に至った。パートナーNGOであるTMSSは、2012年12月末時点の貸付残高ベースでバ国において第5位のマイクロファイナンス機関でもある。極貧層には通常よりも低利で貸付を行っており、顧客によって幅はあるものの、期間6ヶ月～3年、金利は6%～10%（年利）での貸出が可能とのこと。これは、バ国におけるマイクロファイナンス機関による平均的な貸出金利25%～30%や一般的な商業機関の貸出金利13%と比べて非常に低金利である[MIX MARKET, 2013][CIA, 2012]。このように、グループを構成する人数にもよるが、ソーラー灌漑ポンプを購入した場合はコスト削減効果だけでなく、零細農家の所得向上にも大きく寄与する。

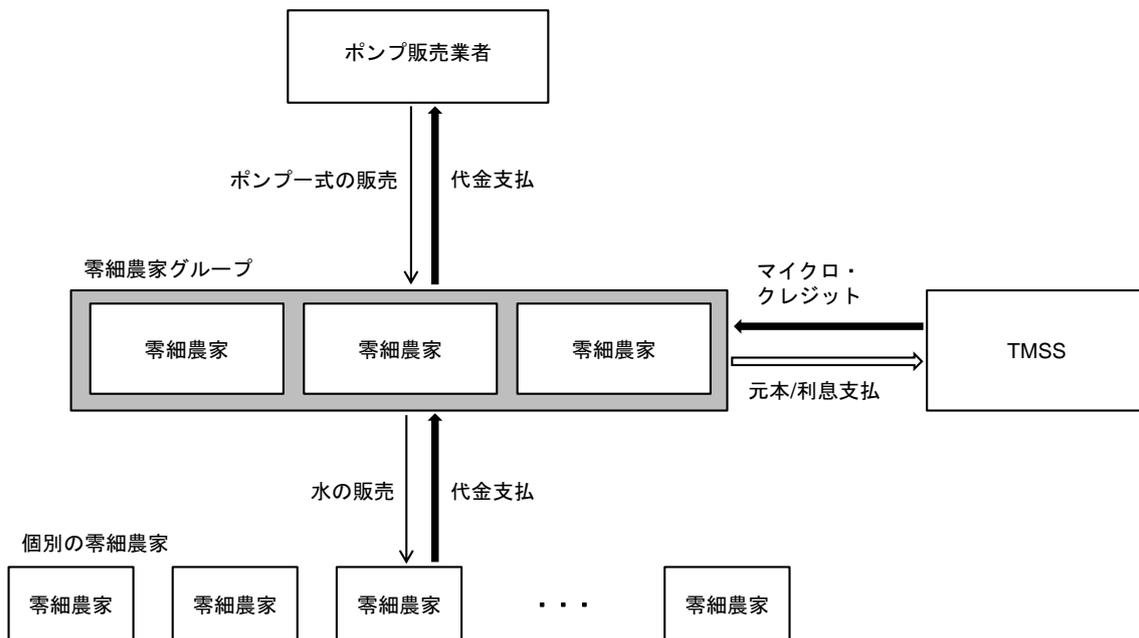


図 7-1: マイクロファイナンスを使った共同購入スキーム

4) バ国開発課題への貢献

以上、個別にみてきたが、軽量太陽光パネルを利用したソーラー灌漑ポンプの導入が進むことで期待される開発効果は主に以下の2点である。

■ 農業・農村開発と農業生産性向上

ソーラー灌漑ポンプを導入することで、ポンプを所有する農民は大幅な所得の向上が達成できる。一方、灌漑用水を購入する農家にとってはコスト削減効果が見込まれる。また、パネルに可搬性があるため、灌漑期以外にも他の応用製品に利用することが可能である。通年利用することで、さらなる所得の増加や生活の質の向上が期待できる。

7-4. ソーラーふ卵器

1) 軽量太陽光パネルがもたらすメリット

パイロットプロジェクトを通じた DJ Agro へのヒアリング結果から、軽量太陽光パネルは、従来型太陽光パネルと比較した際に以下のような利点を有することが明らかとなった。

- 持ち運びが容易であるため、近隣農家で簡単に使い回すことが可能
- 架台の簡素化による設置コストの削減が可能
- 災害時の脱着が可能

バ国の農村において養禽業は、零細農家にとって重要な副収入源となっている。なかでもあひるは利益率が高い。しかしながら、一般的にあひるの卵のふ化率は 40-50%と非常に低く、安定的なふ化を実現できる小型ふ卵器は、一度その有効性が証明されれば、バ国で爆

発的に普及する可能性を秘めている。単独ではソーラーふ卵器の購入が難しい農家も、複数農家と共同購入することでその便益を享受することができる。軽量太陽光パネルを使ったソーラーふ卵器は、従来型の結晶型パネルに比べてとても軽く、架台が簡素で済むため設置コストが削減できる。また、サイクロン等災害時には取り外しが容易であり、既存の結晶型太陽光パネルと比べて破損の確率が低い点も利点である。

今回のパイロット調査においては、ソーラーふ卵器がバ国にとって新しい製品であり、まずは正常にふ化が可能か調べるため、固定式で行った。本調査後は、上述の開発効果を立証するため、小型で携帯が可能なふ卵器システムを設計し、零細農家への裨益を確認する。

2) 零細養禽農家へのインパクト

前述したように、バ国地方部の農家にとって、あひるは重要な収入源の一つである。ここではまず、あひるの一般的な生産サイクルと一羽あたりの収益性について記述する。一般的には、まず生後2~3ヶ月の幼鳥を購入し、卵を産む最初の親鳥を育てる。図7-2: あひるの生産サイクルと収益分析は、その親鳥が産んだ卵がふ化するところからの流れを記載している。ふ化した雛鳥を飼育し、成長したあひるが卵を産み始める。卵を産み始めてからの1年間は1羽あたり約150-170個の卵を産み、その後も産卵量は少なくなりながらも平均5年間は卵を産み続け、最後は食用肉として販売(200タカ/羽)される。2013年4月時点での卵1個あたりの市場価格は平均約10タカで、1年間で平均1羽あたり100個の卵を産むと想定すると、5年間のあひる1羽あたりの収入は約5,200タカとなる。

一方コスト面は、零細農家が6世帯でグループを作り、共同購入するスキームを想定し計算している。ふ卵器システムは、現在バ国では新規製品であるソーラーふ卵器がバ国に普及したことを仮定し20,000タカとしている。これに、パネル24,000タカ(ワットあたり1ドルと仮定)とその他部品40,000タカを加えた計84,000タカを初期コストと仮定する。通常ふ化に必要な期間はおよそ1ヶ月程度である。つまり、6農家で共同購入した場合、1農家あたり1年に2度ふ卵器を使用することができることになる。ふ卵器1台で1度にふ化できる卵の数は36個と仮定する。36個の卵が1年に2度孵り、その後5年間飼育されるとすると、1農家あたり約360羽のあひるが常時所有されていることになる。この場合、1羽あたりのコストは約39タカ(84,000タカ÷360羽÷6世帯)となる。これは、仮にふ卵器を使用せずに幼鳥を購入する場合のコスト(1羽あたり120タカ~150タカ)と比べると非常に安く、ソーラーふ卵器を導入することによるコスト削減、それに伴う収益の増加率は大きい。なお、飼育期間にかかるコストはワクチン代が主である。農家の場合、池で放し飼いをすることによってエサ代が不要になる。以上を1年あたりの収支に直すと、あひる1羽にかかる売上は1,040タカ(5,200タカ÷5年)、費用は9.5タカ((84,000タカ÷6農家÷360羽÷5年)+(9タカ÷5年))となる。

生産サイクル

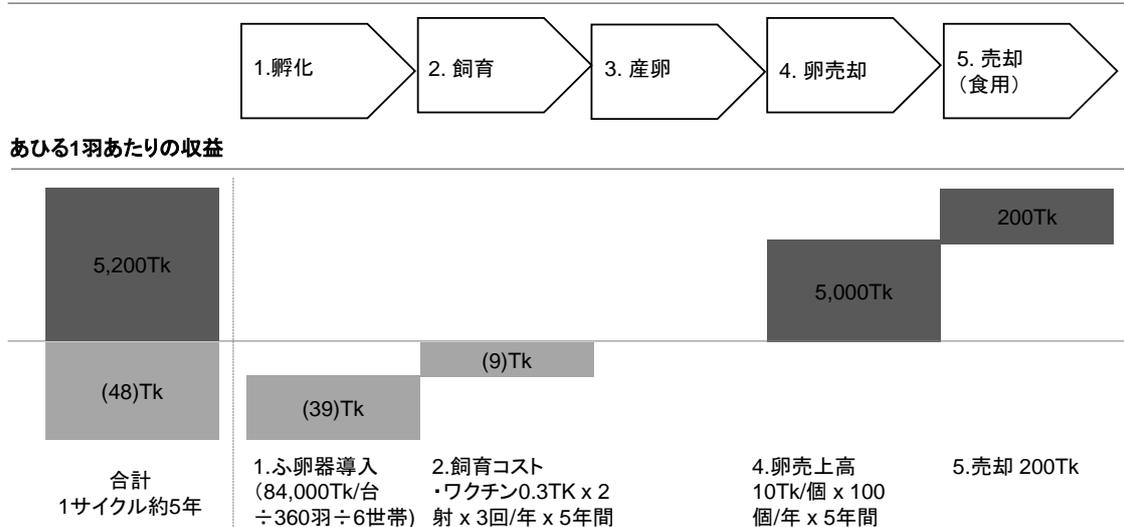


図 7-2: あひるの生産サイクルと収益分析

*現地 NGO へのヒアリングに基づき JICA 調査団作成

次に、ソーラーふ卵器を導入した場合の 1 農家あたりの収益性分析を行った。

前述したように、あひるは非常に利益率の良い鳥である。その理由の一つは、飼育中のコストの安さである。以下の基本条件を仮定として置いた場合、初年度から年を経るにつれ手元の卵保有数が増えるため、収入が増加していき、5 年の 360 羽で安定し、以降は 37 万タカ程度が追加収入として得られる。

以上から、ふ卵器のシステム全体の価格が下がれば、統計上補足が難しい、副業であひるを育てている小規模農家にも十分な裨益効果があると考えられる。さらには、ふ卵器を導入することで収益が見込めると判断されれば、新規参入が促され、前述した潜在市場規模も拡大する可能性がある。

表 7-2: ソーラーふ卵器を導入した零細農家の収益シミュレーション

基本条件

初期コスト	84,000 タカ	
ふ卵器本体価格	20,000 タカ	*普及後の想定価格
太陽光パネル価格	24,000 タカ	
必要ワット数	240 W	
ワットあたりの価格	100 タカ	*現在の市場価格100タカと仮定
その他部品	40,000 タカ	
耐用年数	5 年	
共同購入する農家の数	6 農家	
1農家1年あたりの平均コスト	2,800 タカ	

飼育中のコスト

飼育年数	5 年	*5年後に食用として売られる
ワクチン1回あたりのコスト	0.3 タカ	
ワクチンの種類	2 種類	
生涯必要ワクチン注射回数	3 回	
エサ代	0 タカ	*近くの池から自主摂取する
生涯必要飼育コスト	9 タカ	
1年あたりの飼育コスト/羽	1.8 タカ	

ふ卵器によるふ化キャパシティ

ふ卵器一個あたりのふ化可能数	36 個
1回のふ化に必要な日数	28 日
1年あたり1農家のふ化可能回数	2 回
1年あたり1農家のふ化可能卵数	72 個

卵および食用肉の販売価格

卵1個あたりの売却価格	10 タカ
親鳥1羽が1年に産む平均卵数	100 個
1年あたりの卵の売却により得られる収入/羽	1,000 タカ
5年後の食用鶏の売却価格	200 タカ

注) 上記の数値は全てNGOへのヒアリングに基づいた仮定である

零細農家の収益シミュレーション

(単位: タカ)

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	...	Y10	Total
収入	54,000	126,000	198,000	270,000	342,000	374,400		374,400	2,862,000
支出	3,124	3,556	3,988	4,420	4,852	3,448		3,448	37,180
利益	50,876	122,444	194,012	265,580	337,148	370,952		370,952	2,824,820

3) バ国開発課題への貢献

パイロット調査を経て、ソーラーふ卵器の現地環境への適合性が証明されたため、今後は本格的な普及ステージに入る。軽量太陽光パネルを利用したソーラーふ卵器が普及することで期待される開発効果は以下のとおりである。

■ 農業・農村開発と農業生産性向上

ソーラーふ卵器を導入することで、ふ卵器を所有する農民は大幅な所得の向上が達成できる。また、パネルに可搬性があるため、共同購入することで初期コストも抑えられ、重要

な副収入源となる。

8. JICA との連携可能性に関する考察

8-1. 連携事業の必要性

本調査が想定する事業では、輸入と現地生産の二通りの進出方法を検討する。輸入においては、関税を最低限に抑えるためパネルとケーブルを別々に輸入し、現地で組み立てることを想定する。そのため、組立工場での作業員への組立に関するトレーニングならびにパネルを設置する業者へのパネルの取扱いに関するトレーニングを実施する必要がある。また、将来的に現地生産を行う場合、工場設立に多額の資金が必要となるため、外部からの資金調達が必要となる。さらに、工場設立後は現地生産の品質を確保するための工場スタッフへのトレーニング、マネージャーの要請が必要となる。一方、バ国においては SHS を中心とした太陽光パネル市場が急激に拡大するなか、海外からの粗悪な製品の流入が課題となっている。また、深刻な電力不足を背景として、ミニグリッドや灌漑ポンプなど、太陽光エネルギーを活用した新しい技術を開発し、普及することが必要とされている。このため、適正な技術審査を実施する人材や、バ国のニーズに応える新しい製品開発を行う人材の太陽光パネルの製造、設置、販売に関する知識を有する技術者を育成することは、農村部における電化を推進し、都市部で逼迫するエネルギー需給を緩和する上で重要であると同時に、太陽光パネルを使用した製品市場に関わる産業の振興を通じた雇用創出、関連産業への波及効果の観点からも非常に有効である。

本調査結果を受けて三菱化学が事業化を決定した際には、三菱化学の製品を扱い、応用製品を開発する人材の育成に大いに貢献することが期待されるが、そのためには JICA との連携により事業リスクを低減し、現地進出に不可欠な現地人材の育成を行うことが必要である。

8-2. 事業スキーム

事業スキームとしては、それぞれ以下を想定する。

1) トレーニングセンターの設立

バ国では一部の企業が組立工場を有するものの、国内で販売される太陽光パネルの大半は完成品として中国、インド等の周辺国から輸入している。そのため、IDCOL 等への資金協力を通じてトレーニングセンターを設立し、太陽光パネルに関する知識や技術を持つ人材を育成する。

2) 専門家派遣、研修員受け入れ

三菱化学は上記トレーニングセンターへの専門家派遣や、本邦研修の研修員受け入れ等において同社の技術を移転し、現地人材の育成に貢献する。将来的には現地の組立工場および生産工場における工場作業員および管理職を確保につなげ、間接的にその恩恵を受けることが期待できる。また、専門家派遣や研修員受け入れを通じてバ国の太陽光パネル業界

との関係性を構築し、バ国における自社製品のブランド価値を高めて市場における競争力を確保する。

3) 青年海外協力隊との連携

有機薄膜太陽光パネルを使用した製品の農村部での普及においては、これまでにない新しい製品のため当初は取扱いが難しく、誤った取扱いによる破損のリスクが高い。そのため、農村開発の一環として、現地での女性起業家等による設置の指導を青年海外協力隊の村落隊員の協力を得て実施することが想定される。

4) 海外投融資の活用

本調査の結果を受けて事業性があると判断され、かつ将来的に現地生産を行う場合、現地工場設立に必要な初期費用は多額である。JICA の海外投融資のスキームを活用して資金調達を行うことで、事業リスクを低減し、長期的な事業活動が可能となる。

8-3. 連携による効果の予測

上記の分野において JICA の協力を得ることで、三菱化学の事業進出を後押しし、様々な可能性を持つ軽量太陽光パネルの普及を通じて農村部での電化の促進や女性起業家等の雇用機会の創出、農業生産性の向上と農村の所得向上が促進される。さらに、三菱化学の技術の移転を通じてバ国における太陽光パネルに関わる技術が定着化し、長期的にバ国と同様にエネルギー不足に直面する周辺国への輸出が可能となれば、太陽光パネルに関連する産業が同国の機関産業に発展することが期待される。

引用文献

- Bangladesh Power Development Board. (2012). 参照先: Generation Capacity as on Dec., 2012:
http://www.bpdb.gov.bd/bpdb/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=6
- Central Intelligence Agency. (2011). The World Fact Book.
- Centre for Policy Dialogue. (2009). Development of Bangladesh with Equity and Justice.
- CIA. (2012). The World Fact Book.
- FAO Animal Production and health Division. (2008). Poultry sector country overview.
- Government of Bangladesh. (2008). Renewable Energy Policy of Bangladesh.
- IMF. (2011 年). Public Information Notice.
- Information Brief Oksana Nagayets. (2005). Small farms: Current Status and Key Trends.
- JICA. (2010). 生活情報.
- Ministry of Finance. (2010). Bangladesh Economic Review 2010.
- MIX MARKET. (2013 年 8 月 12 日). Countries & Regions. 参照先: MIX MARKET:
<http://www.mixmarket.org/>
- The Daily Star. (2012 年 9 月 25 日). IDCOL to install 1,500 solar-powered irrigation pumps by 2016.
参照日: 2012 年 12 月 13 日, 参照先:
<http://www.thedailystar.net/newDisign/news-details.php?nid=251111>
- World Bank. (2012). Data Bank. 参照日: 2013 年 7 月 31 日
- World Bank. (2013). World Development Indicators. 参照日: 2013 年 8 月 5 日, 参照先:
<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>
- ジェトロ. (2011a). BOP 潜在ニーズ調査報告書.
- ジェトロ. (2011b). 世界貿易投資報告.
- ジェトロ. (2012). 基礎データ.
- バングラデシュ国政府. (2001 年). 国勢調査.
- バングラデシュ国統計局. (2011).
- 外務省. (2011). 各国・地域情勢.
- 外務省. (2011). 国別データブック.
- 外務省. (2012). 国別データブック.
- 外務省. (2013 年 8 月). 基礎データ.
- 外務省. (平成 24 年 4 月). 最近のバングラデシュ情勢と日本・バングラデシュ関係. 参照日:
2013 年 8 月 2 日, 参照先: 外務省: www.mofa.go.jp/mofaj/area/bangladesh/kankei.html
- 経済産業省 資源エネルギー庁. (2013). 再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック.
資源エネルギー庁.

- 広島大学. (2010). バングラデシュの農村電化と持続可能な発展.
- 世界銀行. (2011). Additional Financing II for Rural Electrification and Renewable Energy Development Project Project Information Document.
- 大橋正明、村山真弓. (2009 年). バングラデシュを知るための 60 章[第 2 版]. 明石書店 .
- 独立行政法人産業総合研究所. (2010). http://unit.aist.go.jp/rcpvt/ci/about_pv/types/groups.html 2012,03,23 アクセス.
- 日経 BP. (2011). <http://eco.nikkeibp.co.jp/article/column/20110406/106293/> 2012,03,23 アクセス.
- 富士経済. (2009). 2009 年版 太陽電池関連技術 市場の現状と将来展望. 富士経済.
- 片平エンジニアリングインターナショナル. (2010). バングラデシュ国ダッカ都市交通網整備事業準備調査 (フェーズ 2) 環境社会配慮助言委員会 WG 事前配布資料.

用途に基づく太陽光パネルの応用製品例(ロングリスト)

別添1

※本スクリーニングの目的は実現可能性の低い用途を除外するためのものであり、計算式の算出条件は一律ではない点に注意

No.	機能分類	用途	利用エリア	ベネフィット	セクター	出所	一次スクリーニング		二次スクリーニング					二次スクリーニング採点根拠				評価サマリー	パイロット実施				
							薄膜パネルの必然性*	技術面での実現可能性	技術面での実現可能性**	開発効果	市場規模***	合計	評価	技術面での実現可能性			市場規模			ヒアリング内容			
														バッテリー(Ah)	パネル枚数(50W)	前提条件	開発効果				市場規模	想定される利用者(世帯・拠点含む)の算出方法	想定利用者数
1	SHS	家庭での照明	農村	照明	生活	AFF	○	○	5	5	4	14	○	30	1	バッテリーは3日分の蓄電	女性の雇用学習時間の延長 煙害の抑制	全世帯(2934万人)×農村人口比率(72.9%)×農村非電化率(72%)	15,400,000	15,400,000	ニーズは高く、既に既存の結晶シリコンタイプのソーラーパネルが急速に普及している。軽量太陽光パネルを用いることによる差別化を図りたい。	すでに市場は拡大しており、ニーズは非常に高い。エンドユーザーとともに設置を行うNGOに対しても輸送・設置作業の面で裨益効果が得られる。	●
2	灌漑ポンプ	灌漑用水の汲み上げ(浅井戸、20m)	農村	動かす	農業	IDE	○	○	5	5	3	13	○	不要	1.6	-	貧困層の大半を占める零細農家への裨益効果大	ウォーターセラー(ディーゼルによる汲み上げサービス提供者)の数(代替はなく2台目需要)	1,400,000	2,240,000	裨益者は100万~400万と見積もれる。Water sellerも入れると裨益者は1000万人市場になると思われる。しかしディーゼルより費用が安くなるというのが必須条件。また耕作地を邪魔しない軽量太陽光パネルのMobile性という仕様はアドバンテージだと思われる(1社)。 盗難防止のニーズが高いため、軽量太陽光パネルのモビリティはとも魅力的かつ優位点だと思われる(2社)。 浅井戸の水位が低下していることもあり、ニーズは小規模から中規模にシフトしている(2社)。	零細農家への裨益効果が大きく、高い開発効果が見込まれる。利用者も百万人以上と見積もられる。小規模のポンプを使うことで既存の灌漑ポンプとの差異化も可能。	●
3	孵卵器	孵卵器	農村	温める	畜産業	DJAgro社	○	○	4	5	3	12	○	400	2.0	バッテリーは3日分の蓄電	農家の収入機会向上	全世帯(2934万人)×農業従事者(62.3%)×養鶏世帯(20%と仮定)	3,655,764	7,311,528	ニーズはとも高い。技術的要件はないが、ビジネスサポートはできる(1社)。 ニーズはとも高い。ただし価格次第か。技術的サポートは可能(2社)。 ラヒマフルーズにも、現在ラヒマフルーズアグロ、という農業の専門部隊ができたので、コラボの可能性あり(2社)。	ニーズは高い。裨益者も300万人以上と多く、開発効果、市場ともに有望である。また、孵卵器の仕様によっては楽に持ち運べるようになり、軽量太陽光パネルの特性が活かせる。	●
4	飲料水ポンプ(小)	飲料水の汲み上げ	農村	動かす	生活	IDE	○	○	5	3	4	12	○	不要	1.6	-	貧困層の生活改善への裨益効果大	全世帯(2934万人)×上水道が敷設されていない世帯(80%と仮定)	23,472,000	37,555,200	飲料水ポンプのニーズは非常に高い。IDEでもこれからパイロットを実施する予定(1社)。	バ国では飲料水ポンプに対するニーズが高い。飲料水ポンプの裨益者は2千万人以上と推定された。開発効果及び市場が大きい。パイロット候補であったが、製品としては1の灌漑ポンプと類似しているの1に統合。	×
5	携帯電話の充電	携帯電話、スマートフォンの充電	農村	通信	生活	元JOCV	○	○	5	3	4	12	○	36	0.6	電灯は5hr、携帯は2hr使用、3日分の蓄電	遠隔地の人々の通信状況の向上	携帯電話普及台数(6865万台)×農村比率73.1%×農村非電化率72%	36,131,868	21,679,121	結晶型で既に機能しているため、薄型のニーズは特に高くない(1社)。 小型のバッテリーの方がニーズ高いと思われる(2社)。 ニーズは非常に高い。市場性も高い(2社)。	ヒアリングの結果、ニーズに対する意見が専門家の間でも分かれた。一方、本用途のためにはすでに普及している小型バッテリーで事足りる事が判明した。	×
6	商業用照明	野菜/魚の競り市の照明	都市	照明	商業	元JOCV	○	○	5	4	3	12	○	72	1.2	10WLED電灯3つ	農家、漁業従事者の収入機会向上	64県×3か所×5セット	960	既に太陽光パネルを使っている市場が存在する(1社)バッテリーがある、という前提。発電量とスペックがKeyと思われる(2社)。 非常にニーズはあると思う。彼らも盗難防止に通常のパネルでは不便を感じている。軽量太陽光パネルのモビリティ性が活かせる(2社)。	ニーズはありそうだが利用者が少なく、開発効果が高いとみなされなかった。	×	
		漁船の照明	農村	照明	漁業	AFF								72	1.2	10WLED電灯3つ	漁業従事者の収入機会向上	全世帯(2934万人)×漁業従事者(10%)×漁船保有者(25%と仮定)	733,500	1,016,952	夜間作業に対する照明ニーズはあると思われる(安全確保のため)。漁船内の料理用燃料としてのニーズが高い(1社)。 夜間作業の話はあまり聞かない。ニーズはそれほどない(2社)。 ニーズは高いし実験として面白い(2社)。	専門家間でもニーズに対する意見が分かれた。利用者は多いと見積もられたが漁業関係者からのヒアリングの機会が無く、詳細を詰めることが出来ずパイロット実施に至らなかった。	×
		露天商の照明	都市(農村)	照明	商業	元JOCV								72	1.2	10WLED電灯3つ	露天商の収入機会向上	(ダッカ市内の露店数(10,000店)+(地方都市(64県)×露店数(1,000店))と仮定)	74,000	既に太陽光パネルを使っている市場が存在する(1社)。 バッテリーが必要。発電量とスペックがKeyと思われる(2社)。 ニーズは高い。やはり盗難防止対策として、軽量太陽光パネルの特性を活かせると思う(2社)。	ニーズは高いという結果であった。ただし利用者数はあまり多くない。ニーズが高い事を実際に確かめるため、詳細な調査を実施したところ、露天商は現状のバッテリーに満足している。	×	
		大型バスの夜間照明、乗客への販売	都市⇄農村	照明	交通	オイスカ								100	3.9	5W照明6個、携帯8台2hrで充電	人々の生活水準向上	全バス台数(39,000台)	39,000	バス自体への電力供給のニーズはあまりない(エンジンから供給可能)。ただし、PRの場として車内販売を活用するのは面白いアイデアかもしれない(2社)。 面白いアイデアだと思う(2社)。	ニーズはあまり高くなかった。また、エンジンから電力供給できるとの意見があり、軽量太陽光パネルでの参入は困難と判断した。	×	
7	農業散布	農業散布	農村	動かす	農業	DJAgro社	○	○	4	4	3	11	○	2.5	0.2	-	農家の収入機会向上	全世帯(2934万人)×農業従事者(62.3%)	18,278,820	3,655,764	IDEは現行のローテクでも十分と考えておりそれほどのニーズは感じていない様子。それに対してD社はこれに関する機械を今後販売していきたいという同社の目論みもあるため、ニーズについて強調すると同時に、軽量太陽光パネルとのタイアップを望んでいる。	専門家間でもニーズに対する意見が分かれた。利用者数は多く、開発効果は高そうだが、ローテクで十分との意見があり、パイロット実施には至らなかった。	×
8	スプリンクラー	霧の散布による畜舎の気温低下	農村	冷やす	畜産業	三菱化学	○	○	4	3	4	11	○	300	5.5	1日1hr使用	畜産農家の収入機会向上	全世帯(2934万人)×農業従事者(62.3%)×畜産業者(20%と仮定)	3,655,764	20,106,702	畜舎の屋根は殆どコルゲート仕様となっており、軽量太陽光パネルの軽さとフレキシブルさがアドバンテージとなる(2社)。 ニーズ及び薄型である必要が感じられない(1社)。	専門家間でもニーズに対する意見が分かれた。1社以外はニーズは高くはないとみなしており、パイロット実施には至らなかった。	×
9	搾乳機	搾乳機	農村	動かす	畜産業	DJAgro社	○	○	4	4	2	10	○	50	1.4	小規模搾乳機は手動、直流真空ポンプ使えばインバータなし	畜産農家の収入機会向上	全世帯(2934万人)×農業従事者(62.3%)×酪農業者(5%と仮定)	913,941	-	小規模農家はマニュアルで実施している。バ国ではあまり機械化された畜産業者はないのではないかと(1社)。 電源を使用するタイプのニーズはあると思われ、今後5年で6000台の販売目標である(2社)。	ニーズに対する意見が分かれた。ただし利用者数はあまり多くない見込み。現状は手動タイプで事足りており、パイロット実施には至らなかった。	×
10	生活用照明	ロマ/バウル/難民(ダッカ、チッタゴン)/山岳民族の生活用電源(照明、携帯電話の充電)	都市⇄農村	照明	生活	元JOCV	○	○	5	4	2	11	○	105	2.1	電灯は5hr、携帯は2hr使用、3日分の蓄電	脆弱な環境下におかれた人々の生活向上に貢献	(チッタゴン丘陵部のアディン70万人+ロヒンギヤ難民20万人)/1世帯人数(5名)	180,000	ニーズはあるがエンドユーザーが政治的問題を抱える人々なので、安定的なビジネスの対象としては疑問である(2社)。 価格にもよるが、洪水避難民(毎年2~3か月避難生活を余儀なくされている人々)。毎年洪水被害があるとわかっているが、諸事情で他の土地に移ることが困難なため、同じ地域に留まり、洪水時期の数か月のみ、安全地帯で避難生活を送る特定の家や土地を持たない人々。推定約200万人は、毎年のように移動生活を強いられるので、ニーズがあるのではないかと(2社)。 政府やUNを顧客とするならわかるが市場の広がりが限定的。難民や山岳民族は顧客とはならない(2社)。	ニーズはありそうで、技術的にも試作品の作成は可能。しかし実際に難民からヒアリングすることができず、詳細不明につきパイロット実施には至らなかった。	×	
		災害用テント、シェルターの生活用電源(照明、携帯電話の充電、パソコンの充電)	農村	照明	生活	元JOCV								72	1.3	PCIは3時間使用	脆弱な環境下におかれた人々の生活向上に貢献	2007年の災害用テント設置数(16400張)+2007年時点のシェルター数(2000カ所)	18,400	680,056	ニーズは高いが対象者に対する製品の管理方法など、マネジメント教育等も同時に実施しないと機能しないと思われる。(例:S社の防災活動では、学校教育とタイアップし、防災教育に力を入れている)(2社)。 ニーズは高い(2社)。 Armyも顧客候補に含めたらどうか。彼らの移動生活、テント等は非常にニーズが高い(2社)。	UNHCRにヒアリングしたところ、避難民の生活には裨益するものの、シェルターは一時的な避難用であるため政府からの後押しが得られないこと、また盗難が多発することから実施には至らなかった。	×

用途に基づく太陽光パネルの応用製品例(ロングリスト)

※本スクリーニングの目的は実現可能性の低い用途を除外するためのものであり、計算式の算出条件は一律ではない点に注意

No.	機能分類	用途	利用エリア	ベネフィット	セクター	出所	一次スクリーニング		二次スクリーニング					二次スクリーニング採点根拠				ヒアリング内容 コメント	評価サマリー	パイロット実施				
							薄膜パネルの必然性*	技術面での実現可能性	技術面での実現可能性**		開発効果	市場規模***	合計	評価	技術面での実現可能性		開発効果				市場規模			
									バッテリー(Ah)	パネル枚数(50W)					前提条件	想定される利用者(世帯、拠点含む)の算出方法					想定利用者数	(枚数×利用者数)		
		クリニックの巡回診療の照明	農村⇔農村	照明	医療	元JOCV								72	1.2	電灯は5hr、携帯は2hr使用、3日分の蓄電	保健医療体制の充実に貢献	2006年時点のHospital数(1700)	1,700		巡回自体、あまり聞かない。よってニーズは高くないと思われる(S社)。同意見(R社)。	ニーズはあまり高くなかった。利用者も少なく、プロジェクト実施には至らなかった。		
		ストリートチルドレンのための青空教室(夜間)の照明	都市	照明	教育	JICA専門家(日下部氏)								72	1.2	電灯は5hr、携帯は2hr使用、3日分の蓄電	疎外された子供たちへの教育機会の拡大	ストリートチルドレンの数(33万人)×通学率(1%)÷教室当たり生徒数(40名)	80		基本的に夜間の青空教室の例は少ない。殆どが朝夕方。よって照明のニーズは少ない(S社)。ニーズはあるとは思いますがあまり大きくはない(R社)。	ニーズはあまり高くなかった。利用者も少なく、パイロット実施には至らなかった。		
		川岸の子供達の教育のための水上学校用電源	川岸	照明	教育	AFF								630	12	6hr動かす、3日分の充電	子どもの学習環境の改善	2012年時点の利用者(7万人)÷1艘に受け入れる人数(30名)×10	23,000		船は頑丈なので、軽量型パネルのメリットはあまりない。また、発電効率が高い事が重要。しかし、船全体を覆い動力の補助ができればありがたい(SS社)。	すでに同事業を実施しているNGOに詳細なニーズを調査したところ、ニーズは非常に高いことが確認できた。しかしながら、従来型でも十分に使用に耐え得るとのことであった。		
11	持ち運び式ファン	教室内の送風	農村	冷やす	教育	元JOCV	×	○	2	3	4	9	○	68	1.3	6hr動かす、3日分の充電	子どもの学習環境の改善	全国の小学校(77,000校)、中学校(21,000校)、高校(2,500校)	100,500	6,822,229	ニーズは高いが発電量が足りないと思われる(S社)。天井のファンの動力に太陽光パネルは向かない(R社)。	ニーズは高い。しかしファンを固定で使うことが多く軽量太陽光パネルの特性を生かせそうにない。	×	
		家庭用扇風機	農村	動かす	生活	元JOCV										6hr動かす、3日分の充電	無電化村の生活環境の改善	全世界(2934万人)×平均世帯人員数(5.7人)	5,147,368		ニーズをあまり聞かない(S社)。同意見(R社)。	扇風機の利用者は多いが、持ち運び式に関してはニーズは高くないとのことで、パイロット実施には進まなかった。	×	
12	タブレット端末、PDA	タブレット端末、PDA	農村	通信	生活	AFF	○	○	5	3	1	9	○	10	0.12	内蔵バッテリーに直接充電しない	NGOの業務効率の改善を通じた裨益者の拡大	主要NGOのローカルオフィスの数(10,000と仮定)	10,000	1,200	今後ニーズは高まると思うが、むしろ急速充電のニーズが高いので、バッテリーが重要になる(S社)。現在同社の業務で使用しているのはタブレット端末やPDAではなく、「スマートフォン」。スマートフォンは電池の減りが速く、充電ニーズは常にある。50 USD程度で販売するなら全スタッフが購入する。また、バグではまだ、タブレット端末やPDAは発展途上にある。スマートフォンの方が一般的(M社)。今後ニーズは高まると思うが現在は難しい(R社)。	今後、ニーズは高くなるとの評価であった。しかし現時点では本用途のためには小型バッテリーで事足りる事が判明し、パイロット実施には至らなかった。	×	
13	動力アシスト	オートリキシャの補助動力	都市(農村)	動かす	交通	元JOCV	○	○	4	3	2	9	○	100	3	8hr動かす、毎日充電する	リキシャ運転手の収入機会向上	ダッカの年間販売台数(12,000台)×5年×2(ダッカ以外でも同様の販売数があると仮定)	120,000	360,000	オートリキシャに対するニーズは非常に高い。走行中に充電の心配なく走れるのは大きい(S社)。ニーズは非常に高い。是非やりたい。現在月ベースで約1000台のオートリキシャが販売されている。1台あたり約5万のオートリキシャを購入する人々は十分顧客となりうる。また従来型パネルでは場所が足りず、十分な充電ができないため、軽量太陽光パネルの特性が非常に活かせる(R社)。	ニーズは高いという評価であったが、バッテリーでも10数タカの安値で8時間走行できる分の充電が可能との情報があり、参入は困難。また、オートリキシャが政治的に支持されていないため、パイロットは実施しないことになった。	×	
14	保温毛布	新生児の保温	農村	温める	医療	元JOCV	○	○	1	3	3	7	×	430	8.3	24hr動かす、3日分の充電	乳児死亡率の低下	新生児数=全世界(1億4670万人)×5歳以下人口(11.9%)÷5×日本の未熟児率(9.6%) (未熟児率は日本と同等と考える)	335,180	2,781,995	現在政府は村の産婆制度等を廃止し、なるべく病院で生むよう奨励している。新生児の保温ということでは、タオルをかける等、ローテクで十分だと思われる(S社)。新生児用保温器→バグでは伝統的に特殊布で作られた毛布で温めており、保温器等は殆ど聞いたことがない。よってニーズも未知数(M社)。殆どの時期が暑いこの国でニーズがあるのか疑問(R社)。	ニーズはあまり高くない。また、政府はなるべく病院で生むように指導しており、政府の方針にも合っていない。新生児の命にかかわるモノであるので安全のためバッテリーも大きなものになる。軽量太陽光パネルの携帯性が活かそうにない。	×	
15	パソコン	PC	農村	通信	生活	AFF	○	○	1	4	3	8	×	30	2.5	内蔵バッテリーに直接充電しない	通信環境の改善	四半期出荷台数(54500台)×4期×4年	872,000	2,180,000	電圧を考えると個人向けには疑問。NGOや企業向けもモバイルで充電のニーズはそれほどないと思われる(S社)。ニーズは疑問(R社)。	ニーズはあまり高くない。新たなPCの充電用の製品となり、技術開発が別途必要になる。	×	
16	発券機	キオスクのバスケット発券機(P-Pass)	都市	動かす	交通	元JOCV	(要調査)	○	4	3	1	8	×	100	8.8	30Wで2hr使用	渋滞の解消	N-Wave Co Bd Ltdの納入台数(少なくとも117台)	117	1,030	現在まだ手書きが主流。普及までにまだ時間がかかるのと思われる(S社)。ニーズは疑問(R社)。	現在は手書きで事足りている。また、現時点では市場規模が小さい。	×	
17	製氷機	魚を保冷するための氷	都市⇔農村	冷やす	漁業	元JOCV	(要調査)	○	2	3	2	7	×	600	12	高容量のe-電源自作できる	漁業従事者の収入機会向上	(ダッカ市内の露店数(10,000店)+(地方都市(64県)×露店数(1,000店))×鮮魚店(20%)と仮定)	14,800	177,600	技術的に可能か疑問(R社)。	想定利用者が少なく、市場規模も大きくない。また、バッテリーが不可欠であり、可搬にならない。	×	
18	医療用冷蔵庫	ワクチンの保冷	農村	冷やす	医療	AFF														2006年時点のHospital数(1700)	1,700	非常に重要と思われる。ポータブルという特性が活かせる(1社)。バグでは「ワクチンの保冷」という意識が低い。院内でもきちんと冷蔵保管されているか疑問である。移動だけ冷やしても意味がないのではないと思われる。また輸血のできる病院数が少ない上、そういう病院は一応保管設備は整っている(S社)。バグ国全土で18,000箇所はあるというCommunity Clinicでは、ワクチンの保冷は必須のため、ニーズはあると思われるが、移動というより固定型のイメージ(M社)。モバイル性のニーズはあまりないと思う。固定のクリニックにおける冷蔵のニーズは高いが、こちらは従来型パネルで十分賄える(R社)。	想定利用者が少ない。可搬型になればニーズは大きかったが、バッテリーが重く可搬にならない。	
		輸血用血液の保冷	農村	冷やす	医療	AFF	○	○	1	5	1	7	×	151.2	8.8	小型冷蔵庫を想定	健康の増進	2006年時点のHospital数(1700)	1,700	30,088				
19	商業用冷蔵庫(大)	魚の保冷	都市⇔農村	冷やす	商業	元JOCV	○	○	1	3	2	6	×	3326	64.9	移動用冷蔵庫(17L、50W)	漁業従事者の収入機会向上	全世界(2934万人)×漁業従事者(10%)×漁船保有者(25%と仮定)÷輸送車1台あたり漁船(10艘)	73,350	480,260	ニーズ高い(1社)。冷蔵が必要となる。既にそれなりの設備があり、停電中の補助電源としてのパネルの使用ならニーズありかもしれない(S社)。	魚の保冷のニーズは高かったが、冷蔵庫は固定型となり動かす必要がない。軽量太陽光パネルの携帯性を活かそうと判断した。	×	
20	商業用冷蔵庫(小)	移動販売(ヨーグルト、アイス、魚、肉、ミルク、ジュース)	農村	冷やす	商業	元JOCV	○	○	1	3	1	5	×	151.2	8.8	小型冷蔵庫	小売店の収入機会向上	(ダッカ市内の移動販売数(1,000店)+(地方都市(64県)×移動販売数(100店))と仮定)	7,400	65,487	ニーズ高い(1社)。肉・魚に関しては、なるべく鮮度の高いうちに売り切るため特に必要はない(魚はホルマリン漬けが殆ど)。アイスクリームやミルクに関しては需要があるかもしれないが、パネルで冷やすとなると冷蔵等が必要となり、スベック等の問題と、氷などのローテクとの価格勝負になる(S社)。	可搬になればニーズは大きかったがバッテリーが大きく、可搬にならない。氷で冷やすローテクとの価格勝負となり参入は困難と判断した。	×	
21	TVクーラー用電力	TVクーラー用電力	農村⇔農村	通信	商業	エクマツラ	(要調査)	○													非常に面白いアイデア。現在バグには多くのテレビ局が存在し、ニーズも高いと思われ、潜在顧客として魅力的。是非試したい(R社)。	ニーズは高いと言う評価があったが、市場規模などが把握できなかった。また、裨益者はBOP層ではない。	×	
22	バリカン	バリカン	農村	動かす	商業	AFF	×	○													使い捨て剃刀で十分(S社)。ニーズは無し(D社)。ニーズは無し(R社)。	ニーズは高くない。使い捨て剃刀があるので参入は難しいと判断した。	×	

用途に基づく太陽光パネルの応用製品例(ロングリスト)

別添1

※本スクリーニングの目的は実現可能性の低い用途を除外するためのものであり、計算式の算出条件は一律ではない点に注意

No.	機能分類	用途	利用エリア	ベネフィット	セクター	出所	一次スクリーニング		二次スクリーニング					二次スクリーニング採点根拠			開発効果	想定される利用者(世帯・拠点含む)の算出方法	市場規模	想定利用者数	(枚数×利用者数)	ヒアリング内容 コメント	評価サマリー	パイロット実施			
							薄膜パネルの必然性*	技術面での実現可能性	技術面での実現可能性**	開発効果	市場規模***	合計	評価	技術面での実現可能性	前提条件	電池									電池	電池	電池
							薄	膜	パ	ネ	ル	の	必	然	性	×									(ポ	ー
23	災害用ラジオ	災害用ラジオ	農村	通信	生活	JICA専門家(日下部氏)	×	○																ソフトコンテンツとのセットが不可欠。また、充電式ラジオのニーズは無いのではないかと。手回しラジオ等へのニーズは高かった(S社)。乾電池で十分だと思われる(R社)。	ニーズは高くない。乾電池または手回しタイプのものとの競争になり、参入は困難と判断した。	×	
24	スピーカー	アザーンのためのスピーカー	農村	通信	生活	元JOCV	×	○																必ず滞りなく実施しなくてはならないもの。よって需要は高いが、バッテリーの性能等が重要となる(S社)。ニーズは高いと思う。面白いアイデア(R社)。	ニーズは高かったものの、既存の結晶パネルで事足りる。	×	
25	客船の船内設備用電力	客船の船内設備(テレビ、冷蔵庫等)	都市⇄農村	動かす	交通	元JOCV	×	○																エンジンから発電可能なので、ニーズはあまりないのではないと思われる(S社)。顧客は誰か。船のオーナーだとしたらマーケットサイズが小さいと思われる(R社)。	ニーズは高くない。エンジンから電力供給できるので参入は困難と判断した。	×	
26	冷却マット	マラリア等による高熱時の体温低下	農村	冷やす	医療	元JOCV	×	×																マラリアはバ国では大問題だが、患者数自体は多くないのでビジネスにはなりにくい。冷却マットもあればベターだが、現時点では非現実的と思われる(M社)。ニーズ疑問(R社)。	ニーズは量としては多くない。可搬性が大事と思われたが、冷却機器は通常消費電力も大きく大型になるので軽量太陽光パネルの特性を活かせないと判断した。	×	
27	動力アシスト	CNGの動力	都市(農村)	動かす	交通	シャブラニール	○	×																これは非常にニーズが高いと思われる。是非やるべき。また走行中に携帯電話を充電したいというニーズ(運転手、乗客共に)も大きいと思われる(S社)。オートリキシャと同様(R社)。	ニーズが高いと言う評価があったが、CNGの動力を補助できる出力は技術的に困難。また、携帯電話の充電はエンジンからの電力で賄うことが可能と思われた。	×	
28	生活用照明	リキシャのテールランプ	都市(農村)	照明	交通	元JOCV	×	○																テールランプより前照灯の方がニーズが高い。充電式があるのかは不明。仕様が問題となる(S社)。	既存の結晶パネルで事足りる。また、リキシャ規制の方向にある政府方針と合致しない。	×	
29	生活用水	UVランプによる水の殺菌	都市(農村)	動かす	生活	オリジナル設計	×	○																水の浄化は銅でも可能。また沸騰すればよい。ローテクにどう打ち勝つかが重要となる(S社)。	水の殺菌に関する既存の技術との競合になり、参入は困難。また、UVランプの場合、既存の結晶パネルで事足りると判断した。	×	
30	殺虫剤	蚊取り線香(カートリッジ式)	都市(農村)	動かす	生活	元JOCV	×	○																バッテリーが必需品となる(S社)。ニーズはあると思うがあまり高くないと思われる(R社)。	ニーズはあまり高くない。携帯性を保った仕様になりにくい。既存の結晶パネルで事足りる。	×	
31	生活用照明	街灯(主にダック)	都市(農村)	照明	生活	元JOCV	×	○																	街灯は固定されており、既存の結晶パネルで事足りる。	×	
32	生活用照明	家庭用ランタンの代用	都市(農村)	照明	生活	元JOCV	×	○																	他社がすでにやっている(R社)。	既存の結晶パネルを使ったものや、電池を使ったものなど、競合品が多く参入は困難。	×
33	加温器	農作物の乾燥	農村	温める	農業	AFF	×	○																	現在の天日干しに優る製品にはならない(S社)。ソーラーターモイルが必要になるとと思われる(R社)。	天日干しで事足りている。参入は困難と判断した。	×
34	加温器	家畜の保温	農村	温める	畜産業	元JOCV	×	○																	ニーズは高くない。軽量太陽光パネルの必然性が認められなかった。	×	

*薄膜パネルの必然性: 結晶型、ジェネレーターでは実現できない
 **技術面での実現可能性: 商品価格とパネル枚数の比較
 ***市場規模の採点基準: 100,000,000以上=5, 10,000,000以上=4, 1,000,000以上=3, 100,000=以上2, 10,000未満=1
 ****9点未満: ×, 9点以上: ○

パイロットサイト地図



パイロット調査 実施報告書

1. SHS のパイロット実施内容

1) 調査設計

a) 調査の目的

軽量太陽光パネルの導入により、バ国の無電化家庭の BOP 層の生活向上やその他裨益効果が得られるか調査する。また、軽量太陽光パネルが価格・性能面で他メーカーの太陽光パネルと比較して優位性を持ち、継続的な事業展開が可能かどうかを調査する。

近年、バ国に於いて SHS の設置件数は増加の一途をたどっており、今後も市場は伸びてゆくことが予想される。一般的に無電化村の家庭では夜間の灯りにケロシンランプを用いており、光自体が弱い事と燃焼による煤の発生が健康を害するデメリットがあり、問題視されてきた。そこで太陽光パネルの電気を利用した、即ち燃料が必要ない、しかも明るく煤の出ないランプは大変重宝されている。このランプを利用して、無電化家庭の BOP 層の生活の質の向上やその他の裨益効果が得られるかどうかを調査する。例えば労働時間の延長や子供の学習可能時間の延長が可能かどうかを調査する。また、従来から使用されている結晶シリコン型の太陽光パネルは固く重く、表面がガラスで覆われているので運搬や設置の際の作業員への負荷が大きい上、雹（ひょう）などで壊れやすい欠点を有している。それに対し、薄くて軽量、フレキシブルな軽量太陽光パネルを用いることで、道路状況が悪い地域への設置や、架台等の簡素化によるコスト削減、及び様々な場所への設置を通じ、従来型太陽光パネルと比較して優位性を持つための条件を調査する。

b) 調査項目

上記の目的を達成するため以下の項目について調査する。

- パネルの実際の設置による労働者への開発効果の確認
- パネルの実際の使用によるエンドユーザーの評価、価格感度の確認
- 設置方法の検討による新たな付加価値の確認

c) 現地パートナーの選定

IDCOL には SHS の導入を行う PO として登録している機関が 31 組織存在する。そのなかから本パイロット調査のパートナーとなる組織を選定するため、現地関連機関へのヒアリング等を通じて複数の候補を抽出した。選定に際しては、本プロジェクトで扱う軽量太陽光パネルの将来的な展開を見据え、次世代技術に理解を示す組織であることを重視した。その結果、最終的にパートナーとして現地 NGO である TMSS を選定した。

TMSS は保健、教育、マイクロファイナンス、農業、環境、人権と女性の社会進出、社会起業と多岐にわたる事業を展開する NGO で、14,647 名のスタッフ（うち 9,876 名が女性）を擁し、裨益者数は 350 万人を超える。病院、学校、クリニック、トレーニングセンター、図書館等も経営している。2010 年 6 月期の財務状況は売上高 13.5 億タカ、経常利益は 1.3 億タカである。SHS の導入を担当するのは再生エネルギー部門であり、SHS の設置台数は

2012年時点で13,000台を超える。シェアは1%程度だが近年急速に伸びているNGOである。顧客へのアフターサービスを徹底しており、この評判が口頭で伝わる事で順調な新規顧客の獲得に成功している。交渉を進めていくうち、再生エネルギー部門のプログラム・ディレクターが新技術導入に対して非常に意欲的であることが判明した。また組織内で彼の求心力が強い事、契約の最終判断者であるCEOからの信頼を勝ち得ており、意思決定が早い事等が好ましく、パートナーをTMSSにすることにした。

当初、パートナーNGO候補としてSHS設置台数が上位のNGOと交渉を進めていた。SHS設置台数が多ければ従来型太陽光パネルのデータも豊富であり軽量太陽光パネルとの比較がし易いと考えたからである。しかし、交渉を進めているうちに判明したこととして、SHS設置台数が数万台もあるようなNGOは従来型太陽光パネルを中心に考える傾向が強く、本プロジェクトで我々が目指す未来の技術の共同マーケティングのためのパートナーシップ構築という理解を得るのが困難であった。上位NGOのなかには既存型太陽光パネルと同じ位置づけとして捉え、パイロットを行いその後のビジネスの可能性を判断するためには少なくとも数千台の規模で実施することが必要との見解も聞かれた。これらの事由により、上位NGOとのパートナーシップを目指す方針を転換し、本プロジェクトに適した規模のNGOのTMSSを選定した。

d) 実施場所の選定

パイロットの実施場所はバ国の国土の広範囲をカバーし、件数も多い事が好ましい。しかし点検などで頻繁に足を運ぶことも必要である。そこでダッカから日帰りで往復できるエリアを1か所、日帰りにはこだわらずダッカから離れた遠方のエリアを1か所選ぶことにした。TMSSと相談し、日帰りできる圏内としてタンガイル (Tangail)、遠方のエリアとしてシュナムゴンジ (Sunamgonj) に決定された。各エリアはいくつかのユニットで構成されている。タンガイルエリアのカリハティ (Kalihati) ユニットに6台、ダラパラ (Dhalapara) ユニットに5台、シュナムゴンジエリアのシャタック (Chatak) ユニットに5台、ジャワバザール (Jhawabazar) ユニットに4台、合計20台のSHSを設置することにした。各世帯の選定についてはTMSSに任せたが、こちらの要望として「無電化の世帯であること」、「従来型太陽光パネルと比較ができるよう従来型太陽光パネルの設置世帯近くの世帯である事」を挙げた。

e) 利用者の選定

TMSSが顧客選定基準としているのは所得水準ではなく、その人の属する地域・クラスタにおける社会経済的地位である。同じ所得水準でも地域が異なると低所得者層に属することもあれば、高所得者層に属すると判断されることもある。そのため、相手の属する地域内での所得水準を勘案した上で取引の可否を判断する。

今回TMSSがSHSのパイロットを実施するにあたっては、前述の「無電化の世帯であること」、「従来型太陽光パネルと比較ができるよう従来型太陽光パネルの設置世帯近くの世帯である事」を前提条件とし、TMSSのユニットマネージャーが各家庭を訪問し、所有して

いる家財や家庭状況を調査した。そのうえで、所得水準と太陽光パネルのワット数のバランスがとれるように 20W、40W、80W それぞれに適した利用者を判断・選定した。

f) 調査の期間

調査実施期間：2012年10月～2013年6月

g) 調査の経過

タンガイルに11台、シュナムゴンジに9台のSHSを設置した。事前のトレーニングの効果もあり、設置作業は順調に進んだ。設置後のヒアリング調査の結果、利用者からはケロシンを燃やすことによる煤の影響が無くなった事、子供の夜間の勉強が可能になった事が大きなメリットとして評価された。

また輸送・設置に関して作業者からは軽いので作業が楽になったという意見があった。特にTMSSのユニットオフィスから利用者への輸送に関しては、フレキシブルであるため、従来型太陽光パネルと比べ未舗装道路上でも故障しにくく安全に運搬できるという意見も聞かれた。一方で、輸送時にはロール状に巻いておかないとセルが壊れる可能性があり、神経を使って運ばなければならないという問題点もあげられた。TMSSからは輸送用の筒状の容器を用意できないかと打診を受けており現在対応中である。また設置に際しても、従来型太陽光パネルに比べより慎重に取り扱わなくてはならず、設置作業が煩雑になったという声が多い。以上のことから、輸送・設置については当初期待されたほどのメリットはまだ出ていない。この点に関してはTMSSが輸送・設置法を改善中である。

その他、チッタゴン等の丘陵地帯等、従来型太陽光パネルの運搬が困難な地域のSHSニーズについてヒアリングをしたところ、丘陵地帯は治安が悪いことが多いためそもそも展開する予定がないとのことであった。

2) パイロット調査実施内容

a) 製品仕様

SHSシステムは以下のコンポーネントで構成される。

- ・太陽光パネル（軽量太陽光パネル）
- ・チャージコントローラー
- ・バッテリー
- ・ライト
- ・固定金具
- ・配線コード、スイッチ

b) パネルと主な周辺機器のスペック

パイロットプロジェクトに適用する軽量太陽光パネルと周辺機器の仕様は以下のとおりである。

(a) パネル

三菱化学製軽量太陽光パネル gioa 20W（サイズ：58cm×112cm）。SHS設置の際、加工

しやすいうように発電部分の外側に通常品よりも大きめにフィルム部を付け、ハト目の穴を10箇所入れた。また、フィルム部は防水仕様にするためラミネート構造になっているが、TMSS側からの要望もあり補強のためにグラスファイバーを挟んだ黒色の構造にした。SHSは20W、40W、80Wの3種類にした。40Wの場合は20Wのものを2枚、80Wは20Wのものを4枚並べて使用した。

(b) バッテリー

軽量太陽光パネルのワット数に応じて、使用する電化製品の種類と数が異なる。それに伴いバッテリーもサイズが異なる。20Wの場合は7WのCFLライト（電球型蛍光灯）2個で30Ahのバッテリー、40Wの場合はCFLライト（電球型蛍光灯）3個で80Ah、80Wの場合はCFLライト（電球型蛍光灯）4～7個で130Ahのバッテリーを使用した。

(c) チャージコントローラー

チャージコントローラーはパネルからの過剰電流をカットする機能や、バッテリーの電圧が基準値より低下した時に回路をカットしてバッテリーを守る機能がある。一般に、軽量太陽光パネルからの起電力（電圧）は結晶シリコン型よりも高い特性がある。このため通常のチャージコントローラーは使えず、高電圧に対応したものを選定する必要があった。TMSSが選定し、三菱化学（MCC）に確認してもらった結果、フォーコス（Phocos）社製CML05が使用できることが判明し、これをすべてのSHSで用いた。

(d) 設置タイプ

軽量太陽光パネルは屋根に取り付ける場合と、ポールを立ててその上部に固定する場合がある。通常は屋根に固定するが、木の陰が差したり南面を向いていないなど屋根への設置が好ましくない場合や、家屋周辺の木々が屋根に大きな影を落とす場合にはポールを使用して設置することになる。設置方法は当初、風への抵抗を考慮して頑丈に金属枠に結合するようにしていたが、薄膜、軽量のメリットを活かすよう、簡易形式で済むように改善中である。すでに設置が終わったSHSでも今後、設置方法を変更する可能性がある。また、ポールに固定する場合、当初、金属製のポールを使用していたが高価なため、竹のポールを使用するように変更した。竹のポールは金属製のポールに比べても遜色なく、使用に問題はないように見えた。バ国では高層ビルの建築にも竹が使われており、バ国の人々にとって馴染みと信頼がある材料である。

c) パネル設置

パネル設置は重要な工程であるため、まず設置前のトレーニングを行った。その後設置作業の視察を行い、約1ヶ月経った時点で点検を行った。順番に説明する。

(a) 設置前のトレーニング：2012年10月12日（金）～13日（土）

パネルの設置作業は各エリアのユニットマネージャーやユニットオフィサーが行うため、事前に2日間のトレーニングを行った。初日に本プロジェクトの説明、軽量太陽光パネル設置に関する指導、モニタリング指導が行われた。2日目は指導後の質疑応答セッションであった。トレーニングのスケジュール表を巻末の別添資料に示す。議論になった主なポイ

ントとして、軽量太陽光パネルの運搬時に折り曲げない、物を置かない、等があった。TMSS側から 80W の試作品紹介があった。20W×4 枚を金属枠で連結したもの。質疑応答セッションにおいては、参加者から「新しいものなので設置に時間がかかるかもしれない」「雹（ひょう）が降ってきても外さなくてよいのか」など今まで取り扱ったことのない製品に対し緊張感のある質問が出たが、MCC の指導者により「雹（ひょう）が降っても、従来型太陽光パネルと違い、柔らかく衝撃吸収ができるので取り外しは不要」と説明するなど、双方向に活発な議論が行われた。セッションを進める中で、バングラデシュ人はメートル単位に馴染みがなく、フィートかインチで表したほうが良いなど補足的な情報も得られ、今後の参考にすることとした。濃密な議論の最後には参加者から「結晶シリコンの従来型太陽光パネルと比べ扱いやすく、プロジェクトはうまくいきそうだ」と現地の現場レベルの担当者から力強いコメントがでたことは非常に有益であった。

以下にトレーニングの様子をいくつか紹介する。



トレーニング時の様子



三菱化学社の米田氏の講義



設置方法のディスカッション

(b) 設置現場の視察：2012年10月14日（日）～2012年11月13日（火）
軽量太陽光パネルを家屋の屋根に設置する際、AFF、TKI および補強である MCC のメンバーが立ち会った。技術的な内容など、その場で対処すべき事項に対処するため。まず、日

帰りできるサイトであるタンガイルで、3 台の SHS 設置に立ち会った。

i) タンガイルのカリハティユニット (14 日)

早朝オフィスを出発し、昼前にタンガイルのカリハティオフィスに到着。挨拶、作業の確認などを行い作業開始した。80W の SHS が 20W のパネル 4 枚を並べて連結してポールに固定して立てられた。設置後に点検したところ、夕方の曇り空の条件下でもバッテリーへの充電を正常に行っている事が確認され、無事に第一号を設置することに成功した。

ii) タンガイルのダラパラユニット (15 日)

昨日に続いてタンガイルのダラパラで軽量太陽光パネルの設置を行った。20W、40W の SHS であり、ともに屋根への据え付けタイプであったので、従来型太陽光パネルの取り扱いとほぼ同じとなった。そのため作業は迅速に進み、各々 1 時間程度で終了した。



ポールを使った 80W パネルの設置



20W のパネルを屋根に設置

iii) シュナムゴンジのシャタックユニット (11 日)

シュナムゴンジはシレット管区にあり、移動は車を用いたが丸一日を要した。翌日の 11 月 11 日に 40W の SHS の設置の視察を行った。設置後、チャージコントローラーのグリーンランプが点灯し、電圧も 28V で問題なく、無事設置を終了した。



テレビが起動



ライトが点灯



C/C のグリーンランプが点灯